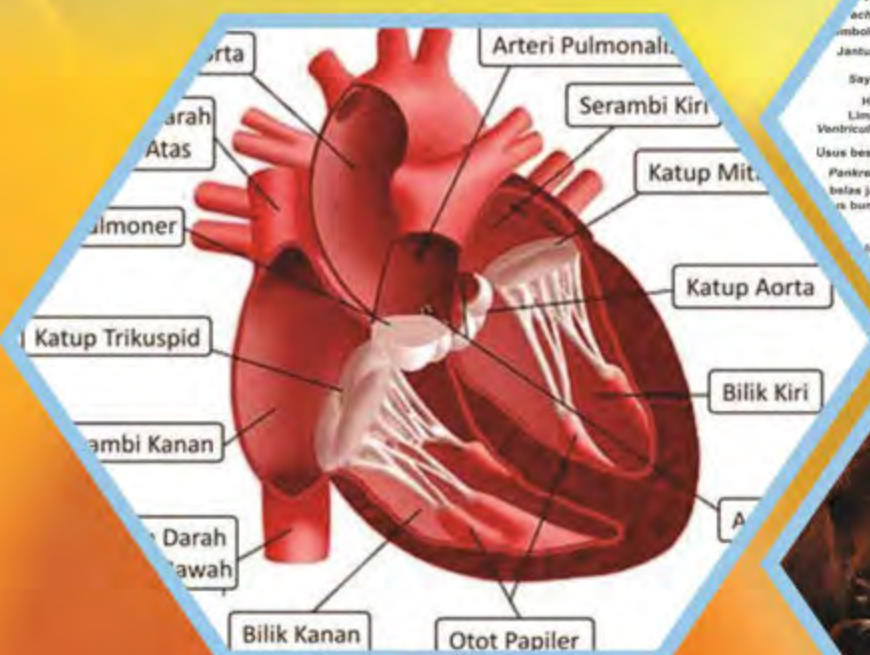
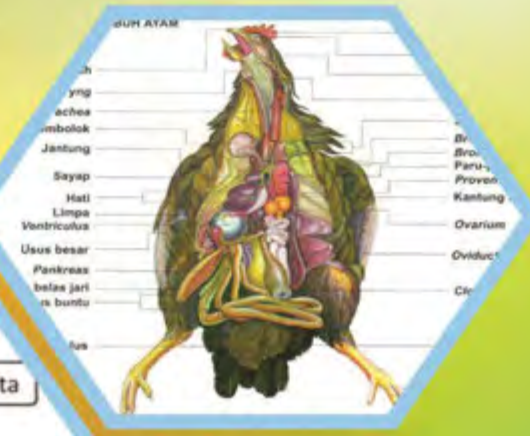
Buku Teks Bahan Ajar Siswa

KURIKULUM 2013

Paket Keahlian: Kesehatan hewan

Fisiologi Hewan







Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan
Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan
Republik Indonesia

KELAS
X
SEMESTER 2

KATA PENGANTAR

Kurikulum 2013 dirancang untuk memperkuat kompetensi siswa dari sisi sikap, pengetahuan dan keterampilan secara utuh. Keutuhan tersebut menjadi dasar dalam perumusan kompetensi dasar tiap mata pelajaran mencakup kompetensi dasar kelompok sikap, kompetensi dasar kelompok pengetahuan, dan kompetensi dasar kelompok keterampilan. Semua mata pelajaran dirancang mengikuti rumusan tersebut.

Pembelajaran kelas X dan XI jenjang Pendidikan Menengah Kejuruhan yang disajikan dalam buku ini juga tunduk pada ketentuan tersebut. Buku siswa ini diberisi materi pembelajaran yang membekali peserta didik dengan pengetahuan, keterapilan dalam menyajikan pengetahuan yang dikuasai secara kongkrit dan abstrak, dan sikap sebagai makhluk yang mensyukuri anugerah alam semesta yang dikaruniakan kepadanya melalui pemanfaatan yang bertanggung jawab.

Buku ini menjabarkan usaha minimal yang harus dilakukan siswa untuk mencapai kompetensi yang diharuskan. Sesuai dengan pendekatan yang digunakan dalam kurikulum 2013, siswa diberanikan untuk mencari dari sumber belajar lain yang tersedia dan terbentang luas di sekitarnya. Peran guru sangat penting untuk meningkatkan dan menyesuaikan daya serp siswa dengan ketersediaan kegiatan buku ini. Guru dapat memperkayanya dengan kreasi dalam bentuk kegiatan-kegiatan lain yang sesuai dan relevan yang bersumber dari lingkungan sosial dan alam.

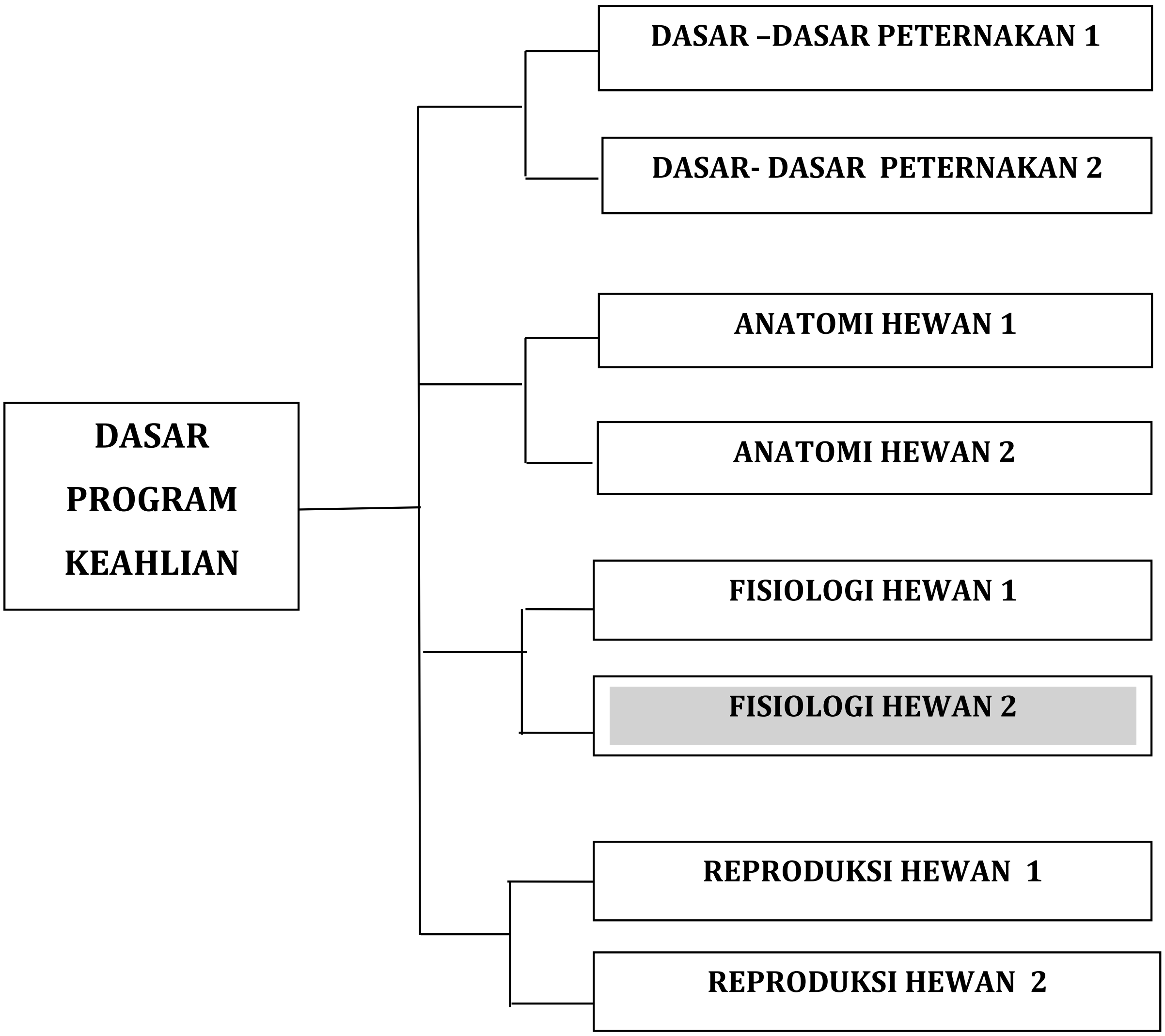
Buku ini sangat terbuka dan terus dilakukan perbaikan dan penyempurnaan. Untuk itu, kami mengundang para pembaca memberikan kritik, saran, dan masukan untuk perbaikan dan penyempurnaan. Atas kontribusi tersebut, kami ucapkan terima kasih. Mudah-mudahan kita dapat memberikan yang terbaik bagi kemajuan dunia pendidikan dalam rangka mempersiapkan generasi seratus tahun Indonesia Merdeka (2045)

DAFTAR ISI

DAFTAR GAMBAR

DAFTAR TABEL

PETA KEDUDUKAN BAHAN AJAR



GLOSARIUM

Absorbsi		Suatu proses pengambilan dan penyerapan zat-zat nutrisi oleh permukaan kulit, permukaan mucus dan pembuluh darah
Adrenalisn	:	Hormon yang disekresikan oleh medulla kelenjar adrenal
Akson	:	Sebuah ekstension panjang dari neuron yang membawa impuls saraf dari sel tubuh
Alveolus	:	Suatu rongga kecil dari paru-paru
Amilase	:	Enzim yang membagi karbohidrat seperti pati dan glikogen menjadi monosakarida seperti glukosa
Anabolisme	:	Suatu proses metabolism yang membuat senyawa/molekul yang berasal dari molekul lebih sederhana
Anemia	:	Suatu kondisi yang melibatkan rendahnya jumlah sel darah merah atu hemoglobin
Antibodi	:	Protein yang dibentuk sebagi tanggapan terhadap molekul yang disebut antigen dasar untuk respon immune
Antikoagulan	:	Substansi yang mencegah pembekuan darah
Arteri	:	Pembuluh darah yang membawa darah dari jantung
Arteriol	:	Pembuluh darah yang sangat kecil, hamper mikroskopis
Asam amino	:	Molekul yang mengandung nitrogen yang merupakan unsure dari protein
Asidosis	:	Suatu kondisi dimana konsentrasi ion karbonat turun dibawah konsentrasi normal
Atrium	:	Salah satu dari ruang jantung
Basofil	:	Sel darah putih dengan butiran di sitoplasma
Cairan Serebrospinal	:	Cairan yang beredar disekitar dan di dalam sumsum tulang belakang dan otak
Darah	:	Cairan yang beredar dalam pembuluh darah
Dehidrasi	:	Hilangnya air dari tubuh atau bagian-bagiannya secara berlebihan

Dendrit	:	Bagian sel syaraf yang membawa impuls syaraf menuju sel tubuh
Diabites melitus	:	Kondisi yang disebabkan oleh sekresi insulin. Jumlah ekskresi meningkatkan glukosa darah
Efektor	:	Otot atau kelenjar yang merespon terhadap impuls syaraf
Enzim	:	Suatu substansi yang meningkatkan kecepatan reaksi kimia
Eosinofil	:	Sel darah putih dengan butiran didalam sitoplasmanya
Eritrosit	:	Sel darah merah
Fagositosis	:	Prose dimana sel-sel mencerna partikel dan bakteri
Fisiologi	:	Ilmu yang mempelajari fungsidari suatu organism dan bagian-bagiannya
Fotosintesis	;	Membuat molekul organil oleh tanaman menggunakan energy dari matahari
Geraham	:	Salah satu jenis gigi
Gerakan Peristaltik	:	Otot yang berkontraksi sepanjang dinnding usus
Getah lambung	:	Sekresi pencernaan yang dihasilkan oleh kelenjar didinding perut
Gigi Susu	;	Gigi yang pertama tumbuh
Glikogen	:	Percabangan polimer dari glukosa yang menyimpan energy dalam tubuh
Hematuria	:	Urin yang mengandung sel-sel darah merah
Hemoglobin	:	Pigmen yang mengandung besi dalam sel darah merah yang memungkinkan untuk membawa oksigen
Hipertonik	:	Suatu keadaan dimana tekanan osmotic sel lebih tinggi dibandingkan dengan tekanan osmotic cairan diluar sel
Hipotonik	:	Suatu keadaan dimana tekanan osmotic sel lebih rendah dibandingkan dengan tekanan osmotic cairan diluar sel
Homeostasis	;	Suatu keadaan stabil yang dipelihara oleh semua proses aktif dalam tubuh untuk mengantisipasi terhadap perubahan proses fisiologis
Hormon	:	Sekresi kelenjar endokrin

Inspirasi	;	Menghirup
Insulin	:	Hormon yang dihasilkan oleh pancreas
Isotonik	:	Suatu keadaan dimana tekanan osmotic sel sama dengan tekanan cairan diluar sel
Kapasitas vital	:	Jumlah volume cadangan inspirasi, ekspirasi dan volume tidal
Kolostrum	:	Susu pertma dari induk yang mengandung antibody
Lendir	:	Sekresi cairan kental
Leukosit	:	Sel darah putih yang berfungsi dalam kekebalan tubuh
Limfosit	:	Sel darah putih yang berhubungan dengan respon immune
Makrofag	:	Sel fagosit besar yang berada dalam jaringan
Monosit	:	Leukosit fagositik terbesar dan tidak memiliki butiran dalam sitoplasmanya
Nefron	;	Unit penting yang fungsional dalam ginjal
Neuron	:	Sel syaraf
Neurotransmitter	:	Molekul yang disekresikan oleh sebuah sinaps untuk menyalurkan impuls syaraf ke syaraf berikutnya
Neutrofil	:	Sel darah putih dengan butiran dalam sitoplasma yang terlibat dalam fagositosis
Nukleus	:	Sel bulat atau oval dalam tubuh yang mengandung DNA
Oksihemoglobin	:	Gabungan hemoglobin dan oksigen
Osmosis	;	Gerakan molekul pelarut melalui membrane kearah daerah yang mengandung kadar zat terlarut yang lebih pekat
Otot jantung	:	Otot yang membentuk dinding jantung, lurik, bercabang serat
Otot polos	;	Jaringan khusus untuk kontraksi dengan spindle serat berbentuk nonlurik
Pemamahbiak	:	Binatang memiliki rumen
Pencernaan	:	Kerusakan mekanik dan fisik dari makanan

I. PENDAHULUAN

A. Deskripsi :

Fisiologi merupakan ilmu yang mempelajari fungsi tubuh secara normal dengan berbagai gejala yang ada pada sistem hidup serta pengaturannya atas segala fungsi dalam sistem tersebut. Fungsi dan struktur tubuh hewan memiliki hubungan yang sangat erat, keduanya merupakan satu kesatuan yang tidak dapat dipisahkan. Sehingga dalam mempelajari fungsi harus mempelajari struktur organ atau jaringan yang dimaksud. Fisiologi berkembang dengan pesat sehingga muncul ilmu yang khusus mempelajari salah satu organ saja. Secara umum hewan, dalam hal ini ternak dan hewan kesayangan tergolong pada vertebrata karena mempunyai kolom vertebral. Tubuh memperlihatkan adanya simetri bilateral yang berarti sisi kiri identik dengan sisi kanan dari hewan tersebut. Struktur yang tidak berpasangan kiri dan kanan , akan berada dekat dengan median. Jantung adalah contoh struktur yang tidak berpasangan, sedangkan mata, kaki, otot merupakan struktur yang berpasangan.

Buku ini merupakan kelanjutan dari Buku Fisiologi 1. Dalam buku ini akan dipelajari sistem syaraf, sistem perkemihan dan sistem kekebalan. Kondisi penampilan hewan merupakan pencerminan kesehatan hewan secara umum. Untuk mengetahui kesehatan hewan dapat dilihat dari penampilan hewan tersebut. Kondisi yang segar, proporsional, aktif, lincah dapat dikatakan hewan tersebut dalam kondisi sehat. Sebaliknya apabila hewan lesu, lemah, menyendiri, sayu, kurang bergairah maka hewan tersebut kemungkinan menderita sakit. Mengapa hewan dapat merasakan sakit? Mengapa hewan akan memberikan reaksi apabila diganggu ? Sebelum mengidentifikasi adanya kelainan-kelainan pada hewan terlebih dahulu sebaiknya mengenal kondisi hewan secara normal, baik kondisi umum maupun kondisi organ-organ tubuhnya.

B. Prasyarat

Untuk mempelajari buku ini peserta didik sudah harus tuntas mata pelajaran :

1. IPA
2. Fisiologi 1

C. Petunjuk Penggunaan

Agar siswa dapat berhasil dengan baik dalam menguasai buku teks bahan ajar Fisiologi Hewan 2 ini, maka siswa diharapkan mengikuti petunjuk penggunaan bahan ajar sebagai berikut :

1. Bacalah semua bagian dari buku teks bahan ajar ini dari awal sampai akhir.
2. Baca ulang dan pahami sungguh-sungguh prinsip-prinsip yang terkandung dalam buku teks bahan ajar ini.
3. Gunakan bahan pendukung lain serta buku-buku yang direferensikan dalam daftar pustaka agar dapat lebih memahami konsep setiap kegiatan belajar dalam buku teks bahan ajar ini.
4. Lakukan diskusi kelompok baik dengan sesama teman sekelompok atau teman sekelas atau dengan pihak-pihak yang dapat membantu dalam memahami isi buku teks bahan ajar ini.
5. Setelah menguasai keseluruhan materi buku teks bahan ajar ini, kerjakan tugas, soal-soal yang ada pada latihan dan lembar evaluasi. Setelah mengerjakan tugas, buat laporan hasilnya dan kirim via e-mail. Setelah selesai mengerjakan soal-soal baru cocokkan hasilnya dengan lembar kunci jawaban.

D. Tujuan Akhir

Setelah mempelajari buku ini siswa diharapkan mampu untuk mengenali dan menalar fisiologi sistem syaraf, sistem perkemihan dan sistem kekebalan hewan ruminansia maupun non ruminansia.

E. Kompetensi Inti dan Kompetensi Dasar Fisiologi Hewan

KOMPETENSI INTI	KOMPETENSI DASAR
1. Menghayati dan mengamalkan ajaran agama yang dianutnya.	1.1 Mengamalkan anugerah Tuhan pada pembelajaran fisiologi sebagai amanat untuk kemaslahatan umat manusia.
2. Menghayati dan mengamalkan perilaku jujur, disiplin, tanggungjawab, peduli (gotong royong, kerjasama, toleran, damai), santun, responsif dan pro-aktif dan menunjukan sikap sebagai bagian dari solusi atas berbagai permasalahan dalam berinteraksi secara efektif dengan lingkungan sosial dan alam serta dalam menempatkan diri sebagai cerminan bangsa dalam pergaulan dunia	2.1 Menghayati pentingnya kerjasama sebagai hasil pembelajaran fisiologi hewan. 2.2 Menghayati pentingnya kepedulian terhadap kebersihan lingkungan praktek sebagaihasil dari pembelajaran fisiologi hewan. 2.3 Menghayati pentingnya bersikap jujur, disiplin serta bertanggungjawab sebagai hasil dari pembelajaran fisiologi hewan.
3. Memahami, menerapkan dan menganalisis pengetahuan faktual, konseptual, dan prosedural berdasarkan rasa ingin tahunya tentang ilmu pengetahuan, teknologi, seni, budaya, dan humaniora dalam wawasan kemanusiaan, kebangsaan, kenegaraan, dan peradaban terkait penyebab fenomena dan kejadian dalam bidang kerja yang spesifik untuk memecahkan masalah.	3.1 Menerapkan pengetahuan fisiologi pencernaan hewan. 3.2 Menerapkan pengetahuan fisiologi pernafasan hewan. 3.3 Menerapkan pengetahuan fisiologi peredaran darah hewan. 3.4 Menerapkan pengetahuan fisiologi syaraf. 3.5 Menerapkan pengetahuan fisiologi pertahanan tubuh. 3.6 Menerapkan pengetahuan fisiologi perkemihan.
4. Mengolah, menalar, dan menyaji dalam ranah konkret dan ranah abstrak terkait dengan pengembangan dari yang dipelajarinya di sekolah secara mandiri, dan mampu melaksanakan tugas spesifik	4.1 Menalar fisiologi sistem pencernaan hewan. 4.2 Menalar fisiologi sistem pernafasan hewan. 4.3 Menalar fisiologi sistem peredaran darah hewan. 4.4 Menalar fisiologi sistem syaraf.

KOMPETENSI INTI	KOMPETENSI DASAR
di bawah pengawasan langsung.	4.5 Menalar fisiologi sistem pertahanan tubuh. 4.6 Menalar fisiologi sistem perkemihan.

F. Cek Kemampuan Awal

Sebelum mempelajari Buku Teks bahan ajar ini kerjakan terlebih dahulu cek kemampuan awal dibawah ini :

No	Pernyataan	Ya	Tidak
1	Apakah anda mengenal sistem syaraf		
2	Apakah anda mengenal sel syaraf		
3	Apakah anda mengetahui mekanisme penghantaran impuls syaraf		
4	Apakah anda mengetahui mekanisme gerak reflek		
5	Apakah anda mengetahui sistem perkemihan		
6	Apakah anda mengetahui struktur ginjal		
7	Apakah anda mengetahui dan fungsi ginjal		
8	Apakah anda mengetahui mekanisme terbentuknya urine		
9	Apakah anda mengetahui penyebab diabites melitus		
10	Apakah anda mengetahui sistem kekebalan		
11	Apakah anda mengenal kekebalan buatan dan kekebalan alami		
12	Apakah anda mengetahui mekanisme sistem kekebalan		
13	Apakah anda mengetahui komponen yang terlibat dalam sistem kekebalan		
14	Apakah anda mengetahui mekanisme terjadinya zat kebal		
15	Apakah anda memahami cara mengetahui adanya zat kebal		

Apabila ada salah satu pertanyaan yang Anda jawab “tidak”, maka Anda harus mempelajari buku teks bahan ajar Fisiologi Hewan 2 ini.

II. PEMBELAJARAN

Kegiatan Pembelajaran 1. Sistem Syaraf

A. Deskripsi

Kegiatan Belajar 1 mempelajari tentang system syaraf baik pada ruminansia maupun non ruminansia yang mencakup hewan monogastrik dan unggas.

B. Kegiatan Belajar

1. Tujuan Pembelajaran

a. Peserta didik dapat menalar system syaraf hewan ruminansia
b. Peserta didik dapat menalar system syaraf hewan non ruminansia

Alokasi Waktu : Waktu pembelajaran 16 JP (4 JP x 4 minggu)

2. Uraian Materi

MENGAMATI / OBSERVASI :

Lakukan pengamatan terhadap system syaraf hewan ruminansia dan non ruminansia dengan cara :

1) Membaca uraian materi tentang system syaraf hewan ruminansia dan, non ruminasia.
2) Mencari informasi di lokasi setempat tentang system syaraf hewan ruminansia dan non ruminansia melalui internet, buku, modul atau sumberlainnya
3) Mengamati suatu proses yang berkaitan dengan system syaraf hewan ruminansia dan non ruminansia.

a). Pendahuluan

Pernahkah kita membayangkan bila aktivitas kita tidak ada yang mengatur? Kalau kita perhatikan bila lampu pengatur lalu lintas mati, kendaraan yang lewat berseliweran tidak teratur, bahkan terjadi penumpukan sehingga terjadi kemacetan. Begitu pula dunia seisinya ini bagaimana kalau tidak ada yang mengatur? Tentu akan terjadi ketidakteraturan dalam fenomena alam. Setiap pagi matahari terbit dari sebelah timur dan terbenam sore hari disebelah barat. Fenomena ini tentu ada yang mengatur. Pengaturan dunia seisinya ini menambah keyakinan kita pada Tuhan yang Maha Kuasa yang mengatur dunia beserta isinya. Kita wajib mensyukuri bahwa kita hidup dalam segala keteraturan, mensyukuri nikmat yang telah Tuhan berikan kepada kita sehingga tubuh kita beraktivitas dengan teratur. Pernahkan kita membayangkan seandainya tangan kita tidak mau mengambil minum sedangkan kita kehausan? Tuhan telah menciptakan keteraturan proses, kalau kita merasa haus kaki akan membawa kita menuju tempat air minum, kemudian tangan akan mengambil minum, dan mulut terbuka, kemudian tangan menuangkan minuman kedalam mulut . Peristiwa itu adalah suatu keteraturan proses yang tentunya diatur oleh tubuh kita. Kita akan kesulitan apabila kita harus membuat suatu proses yang mempunyai tingkat keteraturan dan kekonsistenan yang tinggi seperti apa yang telah Tuhan ciptakan dalam menciptakan keteraturan dalam hidup manusia ataupun makhluk lainnya didunia ini. Oleh karena itu kita wajib meyakini bahwa Tuhan itu mempunyai sifat Wujud dan Maha Kuasa.

Organisme perlu mengenali perubahan lingkungan. Perubahan lingkungan itu dapat merupakan rangsangan atau stimulus bagi organisme. Menurut asalnya, rangsangan dibedakan menjadi dua macam yaitu, rangsangan dari luar tubuh dan dari dalam tubuh. Rangsangan dari luar tubuh misalnya suara, cahaya, bau, panas, dan tekanan. Rangsangan dari dalm tubuh misalnya rasa lapar, haus dan nyeri. Menurut jenisnya, rangsangan dibedakan menjadi rangsangan mekanis, kimia dan fisik. Contoh rangsangan mekanik adalah

sentuhan dan tekanan. Contoh rangsangan kimia adalah rasa manis, pahit, asin, asam dan bau. Contoh rangsangan fisik adalah suhu, listrik, grafitasi, cahaya, dan suara. Untuk dapat bereaksi terhadap perubahan lingkungannya organisme memerlukan tiga komponen utama yaitu reseptor, sistem syaraf dan efektor.

1) Reseptor

Untuk dapat mengenali rangsangan lingkungan diperlukan alat yang dapat mendeteksi adanya perubahan lingkungan atau rangsangan. Alat atau bagian yang mempunyai kemampuan khusus yang mampu mendeteksi terhadap perubahan kondisi lingkungan. Rangsangan bisa berupa perubahan panas atau dingin, kasar atau halus atau apapun perubahan terhadap kondisi yang dihadapi menjadi hal baru sehingga perlu penyesuaian terhadap perubahan tersebut. Pada bagian tersebut terdiri atas sel syaraf yang disebut reseptor. Reseptor atau penerima merupakan suatu struktur yang mampu mendeteksi rangsangan tertentu yang berasal dari luar dan dalam tubuh. Organ indra adalah salah satu bentuk reseptor (penerima) rangsangan. Pada indra terdapat ujung-ujung syaraf sensorik yang peka terhadap rangsangan tertentu. Rangsangan yang diterima diteruskan melalui serabut syaraf sebagai impuls syaraf.

2) Sistem syaraf

Sistem syaraf terdiri sistem syaraf pusat dan tepi, berfungsi menerima, mengolah, dan meneruskan rangsangan ke efektor. Sistem syaraf ini akan didiskusikan lebih lanjut dan lebih detail pada bagian selanjutnya dari buku ini.

3) Efektor

Efektor merupakan struktur yang melaksanakan aksi sebagai jawaban terhadap impuls yang datang padanya sebagai reaksi terhadap perubahan

kondisi lingkungan atau adanya rangsangan yang menyebabkan perlu penyesuaian . Aksi yang dilakukan bisa bermacam-macam tergantung dari rngsangan yang diterima, Rekasi tersebut bisa berupa gerakan oleh otot , bisa juga pengeluaran enzim sperti pada waktu mencium bau makanan yang sedap maka air liur akan keluar tanpa ada perintah. Secara umum reaksi terhadap rangsangan akan dilakukan oleh sel efektor yang dalam hal ini efektor yang penting adalah otot dan kelenjar.

Sistem syaraf pada manusia dan hewan mengkoordinasikan aktivitas otot, memonitor organ, membentuk dan juga menghentikan masukan dari indra, serta melakukan aksi. Komponen utama dalam sistem syaraf adalah neuron dan syaraf, yang memainkan peranan penting dalam koordinasi. Pada makhluk yang tidak memiliki otak, sistem syaraf tidak menghasilkan atau menjalankan pikiran, gerakan dan emosi . Pada hewan yang tergolong ke dalam mamalia sistem syaraf dibagi menjadi, yaitu system syaraf pusat yang terdiri atas syaraf otak dan syaraf sumsum tulang belakang serta system syaraf tepi . Pada syaraf tepi, syaraf menghubungkan antara syaraf pusat dengan indera dan otot.

b). Sistem syaraf

Lakukan pengamatan terhadap tingkah laku hewan apabila kita memberikan rangsangan pada hewan tersebut. Bagaimana reaksi yang akan terjadi apabila hewan disuntik? Bagaimana pula bila kita dicubit? Reaksi yang terjadi tentu berbeda. Reaksi tersebut timbul karena ada rangsangan yang diberikan.

Coba diskusikan dengan teman-teman anda, apakah ada perbedaan diantara gerakan akibat ada rangsangan yang berbeda-beda tersebut. Pada rangsangan dengan aliran listrik coba lakukan dengan melakukan perubahan pada voltage dari arus listrik mulai dengan voltage rendah yang meningkat ke yang lebih tinggi. Amati pada voltage berapakah hewan tersebut

memberikan reaksi. Bagaimana mekanismenya sehingga terjadi perbedaan reaksi akibat rangsangan yang berbeda.

Sistem syaraf adalah sistem organ pada hewan yang terdiri atas serabut syaraf yang tersusun atas sel-sel syaraf yang saling terhubung dan esensial untuk persepsi sensoris indrawi, aktivitas motorik yang disadari (volunter) dan aktivitas organ atau jaringan tubuh yang tidak disadari (involunter), serta homeostasis dan keseimbangan berbagai proses fisiologis tubuh. Sistem syaraf merupakan jaringan paling rumit dan paling penting karena terdiri dari jutaan sel syaraf (neuron) yang saling terhubung dan vital untuk perkembangan, bisa beradaptasi dan bereaksi dengan lingkungan. Satuan kerja utama dalam sistem syaraf adalah neuron yang diikat oleh sel-sel glia.

Sistem syaraf pada vertebrata secara umum dibagi menjadi dua, yaitu sistem syaraf pusat (SSP) dan sistem syaraf tepi (SST). SSP terdiri dari otak dan sumsum tulang belakang. SST terdiri dari syaraf, yang merupakan serat panjang yang menghubungkan SSP ke setiap bagian dari tubuh. SST meliputi syaraf motorik, memediasi pergerakan pergerakan volunter (disadari), sistem syaraf otonom, meliputi sistem syaraf simpatis dan sistem syaraf parasimpatis dan berfungsi untuk regulasi (pengaturan) involunter (tanpa disadari) dan sistem syaraf enterik (pencernaan), sebuah bagian yang semi-bebas dari sistem syaraf yang fungsinya adalah untuk mengontrol sistem pencernaan.

Pada tingkatan seluler, sistem syaraf didefinisikan dengan keberadaan jenis sel khusus, yang disebut neuron, atau dikenal sebagai sel syaraf. Neuron memiliki struktur khusus yang dapat berfungsi untuk mengirim sinyal secara cepat dan presisi ke sel lain. Neuron mengirimkan sinyal dalam bentuk gelombang elektrokimia yang berjalan sepanjang serabut tipis yang disebut akson, yang mana akan menyebabkan bahan kimia yang disebut neurotransmitter dilepaskan di pertautan yang dinamakan sinaps. Sebuah sel yang menerima sinyal sinaptik dari sebuah neuron dapat tereksitasi,

terhambat, atau termodulasi. Hubungan antara neuron membentuk sirkuit neural yang mengenerasikan persepsi organisme dari dunia dan menentukan tingkah lakunya. Bersamaan dengan neuron, sistem syaraf mengandung sel khusus lain yang dinamakan sel glia (atau sederhananya glia), yang menyediakan dukungan struktural dan metabolik.

Sistem syaraf ditemukan pada kebanyakan hewan multiseluler, tapi bervariasi dalam kompleksitas. Hewan multiselular yang tidak memiliki sistem syaraf sama sekali adalah porifera, placozoa dan mesozoa, yang memiliki rancangan tubuh sangat sederhana. Sistem syaraf ctenophora dan cnidaria (contohnya, anemon, hidra, koral dan ubur-ubur) terdiri dari jaringan syaraf difus. Semua jenis hewan lain, terkecuali beberapa jenis cacing, memiliki sistem syaraf yang meliputi otak, sebuah *central cord* (atau 2 *cords* berjalan paralel), dan syaraf yang beradiasi dari otak dan central cord. Ukuran dari sistem syaraf bervariasi dari beberapa ratus sel dalam cacing tersederhana, sampai pada tingkatan 100 triliun sel pada manusia.

Pada tingkatan paling sederhana, fungsi sistem syaraf adalah untuk mengirimkan sinyal dari satu sel ke sel lain, atau dari satu bagian tubuh ke bagian tubuh lain. Sistem syaraf rawan terhadap malfungsi dalam berbagai cara, sebagai hasil cacat genetik, kerusakan fisik akibat trauma atau racun, infeksi, atau sederhananya penuaan. Penelitian medis di bidang neurologi mempelajari penyebab malfungsi sistem syaraf, dan mencari intervensi yang dapat mencegahnya atau memperbaikinya. Dalam sistem syaraf perifer/tepi (SST), masalah yang paling sering terjadi adalah kegagalan konduksi syaraf, yang mana dapat disebabkan oleh berbagai macam penyebab termasuk neuropati diabetik dan kelainan demyelinasi seperti sklerosis ganda dan sklerosis lateral amiotrofik.

c). Struktur Sistem Syaraf

Sistem syaraf berasal dari kata syaraf, yang merupakan bundel silinder serat yang keluar dari otak dan central cord, dan bercabang berulang-ulang untuk menginervasi setiap bagian tubuh. Syaraf cukup besar untuk dikenali oleh orang Mesir, Yunani dan Romawi Kuno, tapi struktur internalnya tidaklah dimengerti sampai dimungkinkannya pengujian lewat mikroskop. Sebuah pemeriksaan mikroskopik menunjukkan bahwa syaraf terdiri dari bagian utamanya adalah akson dari neuron, dengan membran (selubung) yang membungkus syaraf dan memisahkan mereka menjadi fasikel. Neuron yang merupakan bagian sistem syaraf tidak berada sepenuhnya di dalam syaraf itu sendiri-badan sel mereka berada di dalam otak, *central cord*, atau ganglia perifer (tepi).

Seluruh hewan yang lebih maju/tinggi tingkatannya daripada porifera memiliki sistem syaraf. Namun, bahkan porifera, hewan uniselular, dan non-hewan seperti jamur lendir memiliki mekanisme pensinyalan sel ke sel yang merupakan pendahulu neuron. Dalam hewan simetris radial seperti ubur-ubur dan hidra, sistem syaraf terdiri dari jaringan difus sel terisolasi. Dalam hewan bilateria, yang terdiri dari kebanyakan mayoritas spesies yang ada, sistem syaraf memiliki stuktur umum yang berasal awal periode Kambrium, lebih dari 500 juta tahun yang lalu.

Sistem syaraf pusat (SSP) meliputi otak (bahasa Latin: 'ensephalon') dan sumsum tulang belakang (bahasa Latin: 'medulla spinalis'). Keduanya merupakan organ yang sangat lunak, dengan fungsi yang sangat penting maka perlu perlindungan. Selain tengkorak dan ruas-ruas tulang belakang, otak juga dilindungi 3 lapisan selaput *meninges*. Bila membran ini terkena infeksi maka akan terjadi radang yang disebut *meningitis*. Ketiga lapisan membran meninges dari luar ke dalam adalah sebagai berikut:

1. Durameter; terdiri dari dua lapisan, yang terluar bersatu dengan tengkorak sebagai endostium, dan lapisan lain sebagai duramater yang

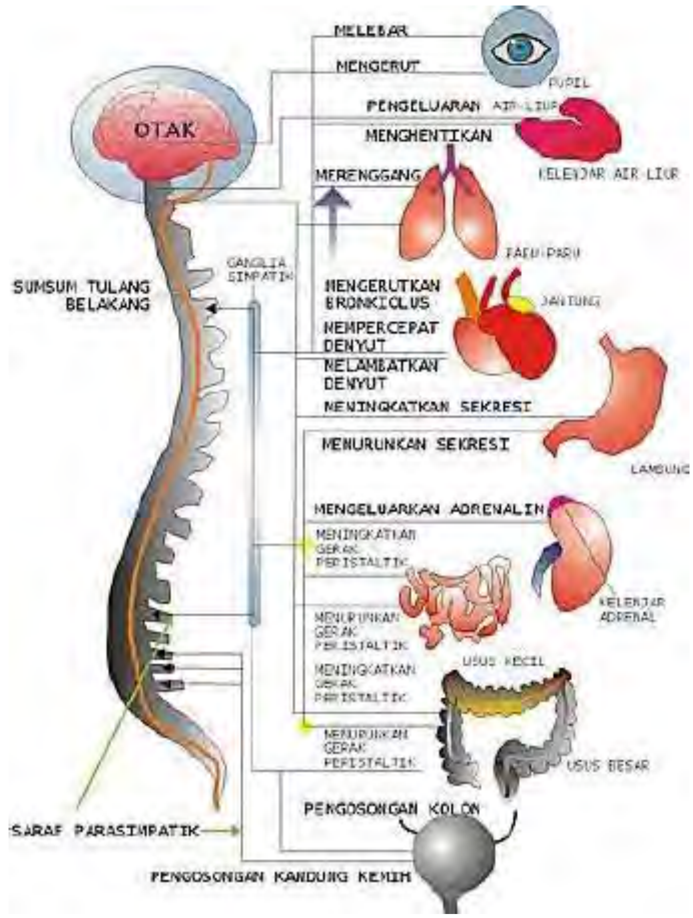
mudah dilepaskan dari tulang kepala. Di antara tulang kepala dengan duramater terdapat rongga epidural.

2. Arachnoidea mater; disebut demikian karena bentuknya seperti sarang labah-labah. Di dalamnya terdapat cairan yang disebut liquor cerebrospinalis; semacam cairan limfa yang mengisi sela sela membran araknoid. Fungsi selaput arachnoidea adalah sebagai bantalan untuk melindungi otak dari bahaya kerusakan mekanik.
3. Piameter. Lapisan terdalam yang mempunyai bentuk disesuaikan dengan lipatan-lipatan permukaan otak.

Otak dan sumsum tulang belakang terdiri atas 3 bagian yang menjadi penyusun utama yaitu:

1. Badan sel yang membentuk bagian materi kelabu (*substansi grissea*)
2. Serabut syaraf yang membentuk bagian materi putih (*substansi alba*)
3. Sel-sel neuroglia, yaitu jaringan ikat yang terletak di antara sel-sel syaraf di dalam sistem syaraf pusat

Walaupun otak dan sumsum tulang belakang mempunyai materi sama tetapi susunannya berbeda. Pada otak, materi kelabu terletak di bagian luar atau kulitnya (*korteks*) dan bagian putih terletak di tengah. Pada sumsum tulang belakang bagian tengah berupa materi kelabu berbentuk kupu-kupu, sedangkan bagian korteks berupa materi putih.



Gambar 1. Hubungan Sistem Syaraf dengan Organ Tubuh

Otak mempunyai lima bagian utama, yaitu: otak besar (serebrum), otak tengah (mesensefalon), otak kecil (serebelum), sumsum sambung (medulla oblongata), dan jembatan varol.

1) Otak besar (*serebrum*)

Otak besar mempunyai fungsi dalam pengaturan semua aktivitas mental, yaitu yang berkaitan dengan kepandaian (intelegensi), ingatan (memori), kesadaran, dan pertimbangan.

Otak besar merupakan sumber dari semua kegiatan/gerakan sadar atau sesuai dengan kehendak, walaupun ada juga beberapa gerakan refleks otak. Pada bagian korteks otak besar yang berwarna kelabu terdapat

bagian penerima rangsang (area sensor) yang terletak di sebelah belakang area motor yang berfungsi mengatur gerakan sadar atau merespon rangsangan. Selain itu terdapat area asosiasi yang menghubungkan area motor dan sensorik. Area ini berperan dalam proses belajar, menyimpan ingatan, membuat kesimpulan, dan belajar berbagai bahasa. Di sekitar kedua area tersebut adalah bagian yang mengatur kegiatan psikologi yang lebih tinggi. Misalnya bagian depan merupakan pusat proses berfikir (yaitu mengingat, analisis, berbicara, kreativitas) dan emosi. Sedangkan bagian yang mengatur penglihatan terdapat di bagian belakang.

2) **Otak tengah (mesensefalon)**

Otak tengah terletak di depan otak kecil dan jembatan varol. Di depan otak tengah terdapat talamus dan kelenjar hipofisis yang mengatur kerja kelenjar-kelenjar endokrin. Bagian atas (dorsal) otak tengah merupakan lobus optikus yang mengatur refleks mata seperti penyempitan pupil mata, dan juga merupakan pusat pendengaran.

3) **Otak kecil (*serebelum*)**

Serebelum mempunyai fungsi utama dalam koordinasi gerakan otot yang terjadi secara sadar, keseimbangan, dan posisi tubuh. Bila ada rangsangan yang merugikan atau berbahaya maka gerakan sadar yang normal tidak mungkin dilaksanakan.

4) **Sumsum sambung (*medulla oblongata*)**

Sumsum sambung berfungsi menghantar impuls yang datang dari medula spinalis menuju ke otak. Sumsum sambung juga mempengaruhi jembatan, refleks fisiologi seperti detak jantung, tekanan darah, volume dan kecepatan respirasi, gerak alat pencernaan, dan sekresi kelenjar pencernaan.

Selain itu, sumsum sambung juga mengatur gerak refleks yang lain seperti bersin, batuk, dan berkedip.

5) **Jembatan varol (*pons varoli*)**

Jembatan varol berisi serabut syaraf yang menghubungkan otak kecil bagian kiri dan kanan, juga menghubungkan otak besar dan sumsum tulang belakang.

Pada penampang melintang sumsum tulang belakang tampak bagian luar berwarna putih, sedangkan bagian dalam berbentuk kupu-kupu dan berwarna kelabu. Pada penampang melintang sumsum tulang belakang ada bagian seperti sayap yang terbagi atas sayap atas disebut tanduk dorsal dan sayap bawah disebut tanduk ventral. Impuls sensori dari reseptor dihantar masuk ke sumsum tulang belakang melalui tanduk dorsal dan impuls motor keluar dari sumsum tulang belakang melalui tanduk ventral menuju efektor. Pada tanduk dorsal terdapat badan sel syaraf penghubung (*asosiasi konektor*) yang akan menerima impuls dari sel syaraf sensori dan akan menghantarkannya ke syaraf motor.

Sistem syaraf yang dimiliki hewan berbeda-beda, semakin tinggi tingkatan hewan semakin kompleks sistem syarafnya. Disebut sebagai suatu sistem, karena syaraf terdiri dari atas berbagai kesatuan atau unit yang saling berinteraksi. Pada dasarnya unit-unit tadi disusun oleh satuan terkecil yang disebut sel syaraf (neuron).

Sistem saraf tepi terdiri dari sistem saraf sadar dan sistem saraf tak sadar (sistem saraf otonom). Sistem saraf sadar mengontrol aktivitas yang kerjanya diatur oleh otak, sedangkan saraf otonom mengontrol aktivitas yang tidak dapat diatur otak antara lain denyut jantung, gerak saluran pencernaan, dan sekresi keringat.

1). Sistem Saraf Sadar

Sistem saraf sadar disusun oleh saraf otak (saraf kranial), yaitu saraf-saraf yang keluar dari otak, dan saraf sumsum tulang belakang, yaitu saraf-saraf yang keluar dari sumsum tulang belakang.

Saraf otak ada 12 pasang yang terdiri dari :

a). Tiga pasang saraf sensori, yaitu saraf nomor 1, 2, dan 8

b). lima pasang saraf motor, yaitu saraf nomor 3, 4, 6, 11, dan 12

c). empat pasang saraf gabungan sensori dan motor, yaitu saraf nomor 5, 7, 9, dan 10.

Saraf otak dikhususkan untuk daerah kepala dan leher, kecuali nervus vagus yang melewati leher ke bawah sampai daerah toraks dan rongga perut. Nervus vagus membentuk bagian saraf otonom. Oleh karena daerah jangkauannya sangat luas maka nervus vagus disebut saraf pengembara dan sekaligus merupakan saraf otak yang paling penting.

Saraf sumsum tulang belakang berjumlah 31 pasang saraf gabungan. Berdasarkan asalnya, saraf sumsum tulang belakang dibedakan atas 8 pasang saraf leher, 12 pasang saraf punggung, 5 pasang saraf pinggang, 5 pasang saraf pinggul, dan satu pasang saraf ekor.

Beberapa urat saraf bersatu membentuk jaringan urat saraf yang disebut pleksus. Ada 3 buah pleksus yaitu sebagai berikut.

a). Pleksus cervicalis merupakan gabungan urat saraf leher yang mempengaruhi bagian leher, bahu, dan diafragma.

b). Pleksus brachialis mempengaruhi bagian tangan.

c). Pleksus Jumbo sakralis yang mempengaruhi bagian pinggul dan kaki.

2). Saraf Otonom

Sistem saraf otonom disusun oleh serabut saraf yang berasal dari otak maupun dari sumsum tulang belakang dan menuju organ yang bersangkutan. Dalam sistem ini terdapat beberapa jalur dan masing-

masing jalur membentuk sinapsis yang kompleks dan juga membentuk ganglion. Urat saraf yang terdapat pada pangkal ganglion disebut urat saraf pra ganglion dan yang berada pada ujung ganglion disebut urat saraf post ganglion.

Sistem saraf otonom dapat dibagi atas sistem saraf simpatik dan sistem saraf parasimpatik. Perbedaan struktur antara saraf simpatik dan parasimpatik terletak pada posisi ganglion. Saraf simpatik mempunyai ganglion yang terletak di sepanjang tulang belakang menempel pada sumsum tulang belakang sehingga mempunyai urat pra ganglion pendek, sedangkan saraf parasimpatik mempunyai urat pra ganglion yang panjang karena ganglion menempel pada organ yang dibantu.

Fungsi sistem saraf simpatik dan parasimpatik selalu berlawanan (antagonis). Sistem saraf parasimpatik terdiri dari keseluruhan "nervus vagus" bersama cabang-cabangnya ditambah dengan beberapa saraf otak lain dan saraf sumsum sambung.

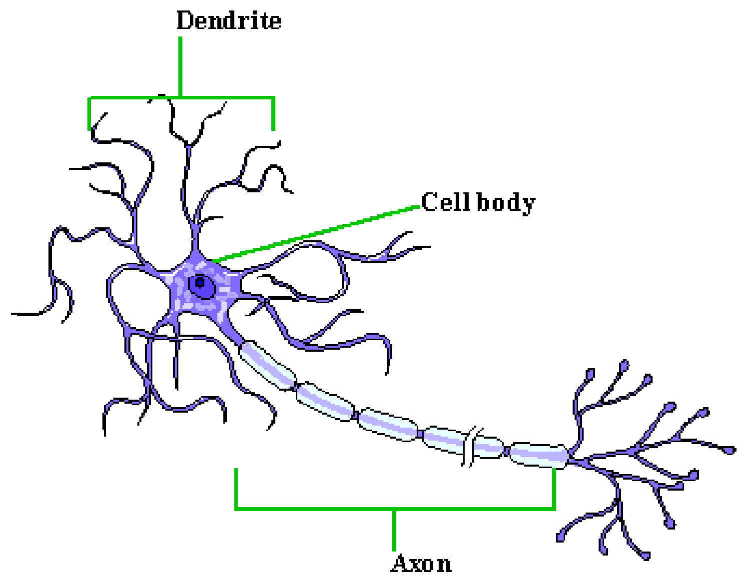
Tabel 1. Fungsi Saraf Otonom

Parasimpatik	Simpatik
• mengecilkan pupil • menstimulasi aliran ludah • memperlambat denyut jantung • membesarkan bronkus • menstimulasi sekresi kelenjar pencernaan • mengerutkan kantung kemih	• memperbesar pupil • menghambat aliran ludah • mempercepat denyut jantung • mengecilkan bronkus • menghambat sekresi kelenjar pencernaan • menghambat kontraksi kandung kemih

d). Neuron

Sel syaraf didefinisikan oleh keberadaan sebuah jenis sel khusus— neuron (kadang-kadang disebut "neurone" atau "sel syaraf") .Neuron dapat dibedakan dari sel lain dalam sejumlah beberapa hal, tapi sifat yang paling mendasar adalah bahwa mereka dapat berkomunikasi dengan sel lain melalui sinaps, yaitu pertautan membran-ke-membran yang mengandung mesin molekular dan mengizinkan transmisi sinyal cepat, baik elektrik maupun kimiawi. Setiap neuron terdiri dari satu badan sel yang di dalamnya terdapat sitoplasma dan inti sel. Dari badan sel keluar dua macam serabut syaraf, yaitu dendrit dan akson. Dendrit berfungsi mengirimkan impuls ke badan sel syaraf, sedangkan akson berfungsi mengirimkan impuls dari badan sel ke sel syaraf yang lain atau ke jaringan lain. Akson biasanya sangat panjang. Sebaliknya, dendrit pendek. Setiap neuron hanya mempunyai satu akson dan minimal satu dendrit. Kedua serabut syaraf ini berisi plasma sel. Pada bagian luar akson terdapat lapisan lemak disebut mielin yang dibentuk oleh sel Schwann yang menempel pada akson. Sel Schwann merupakan sel glia utama pada sistem syaraf perifer yang berfungsi membentuk selubung mielin. Fungsi mielin adalah melindungi akson dan memberi nutrisi. Bagian dari akson yang tidak terbungkus mielin disebut nodus Ranvier, yang dapat mempercepat penghantaran impuls.

Bahkan dalam sistem syaraf spesies tunggal seperti manusia, terdapat beratus-ratus jenis neuron yang berbeda, dengan bentuk, morfologi, dan fungsi yang beragam. Ragam tersebut meliputi neuron sensoris yang mentransmutasikan stimuli fisik seperti cahaya dan suara menjadi sinyal syaraf, dan neuron motorik yang mentransmutasikan sinyal syaraf menjadi aktivasi otot atau kelenjar; namun dalam kebanyakan spesies kebanyakan neuron menerima seluruh masukan mereka dari neuron lain dan mengirim keluaran mereka pada neuron lain.



Gambar 2. Sel Syaraf

Sel syaraf adalah sel yang memiliki kepekaan terhadap rangsang dan mampu menghantarkannya. Sebuah sel syaraf memiliki satu badan sel yang lengkap dengan sitoplasma dan inti sel. Dari badan sel keluar tonjolan-tonjolan sitoplasma. Ada dua macam tonjolan sitoplasma yaitu dendrite dan neurit (akson). Badan sel memiliki sebuah inti dan di dalam sitoplasmanya terdapat *butir-butir Nissl.* Butir-butir Nissl berfungsi untuk mensintesis protein karena di dalam butir tersebut mengandung RNA. Badan sel ini hanya terdapat pada syaraf pusat (otak dan sumsum tulang belakang) dan pada ganglion. Ganglion merupakan sekumpulan badan sel syaraf yang terdapat di luar syaraf pusat. Ciri khas lain dari syaraf adalah adanya neurofibril yang terdapat di seluruh badan sel meluas sampai dendrite dan neurit.

Dendrite merupakan tonjolan sitoplasma yang terletak pada badan sel, berfungsi untuk meneruskan impuls dan reseptor menuju badan sel. Dendrite memiliki hubungan dengan reseptor atau dengan ujung-ujung akson dari neuron lain. Pada umumnya dendrite berupa serabut pendek, tetapi pada sel syaraf sensori dendrite berukuran panjang.

Neurit (akson) merupakan tonjolan sitoplasma yang panjang dan berfungsi menyalurkan impuls dan badan sel. Neurit dari beberapa sel syaraf dibungkus oleh *selaput myelin*. Selaput/ selubung myelin ini tersusun sebagian besar oleh lemak. Neurit diibaratkan sebagai kabel listrik; kawat halus di dalamnya sebagai neurofibril dan pembungkusnya sebagai selaput myelin. Myelin berfungsi untuk melindungi akson dan menyalurkan nutrient. Selaput myelin merupakan kumpulan *sel Schwann.* tidak semua bagian akson diselubungi selaput myelin. Pada tempat-tempat tertentu terdapat suatu penyempitan melingkar (sirkuler) yang disebut *nodus ranvier* (*Node of Ranvier*), sehingga serabut tampak seperti berbuku-buku. Nodus Renvier tersebut berfungsi untuk mempercepat penghantaran impuls. Selain itu selaput myelin tidak terbungkus sampai ujung-ujung syaraf. Ujung neurit akan berhubungan dengan ujung dendrite dari sel syaraf lainnya atau efektor yang berupa otot atau kelenjar. Pertemuan antara akson dengan dendrite atau efektor tersebut menimbulkan bentukan bonggol yang membentuk celah yang disebut *sinapsis*.

Berdasarkan pada struktur dan fungsinya, terdapat tiga macam sel syaraf, yaitu sel syaraf sensori, motor dan konektor (interneutron).

1) Sel syaraf sensori

Sel syaraf sensori merupakan sel syaraf yang berfungsi untuk menghantarkan impuls syaraf dari alat indra menuju ke otak atau ke sumsum tulang belakang. Oleh karena itu sel syaraf sensori disebut juga sel syaraf indera. Dendritnya berhubungan dengan indera untuk menerima rangsang, sedangkan neuritnya berhubungan dengan sel syaraf lain.

2) Sel Syaraf Motorik

Sel syaraf ini berfungsi untuk menyampaikan perintah dari otak atau sumsum tulang belakang menuju otot atau kelenjar tubuh. Sel syaraf ini

disebut juga sebagai sel syaraf penggerak. Dendritnya berhubungan dengan neurit sel syaraf lain sedangkan neuritnya berhubungan dengan efektor. Efektor biasanya berupa otot atau kelenjar tubuh. Badan sel syaraf motor terdapat pada pusat syaraf.

3) Sel Syaraf Konektor (interneutron)

Interneutron merupakan sel syaraf berkutub banyak (multipolar) yang memiliki banyak dendrite dan akson. Fungsi sel syaraf ini untuk meneruskan rangsangan dari neuron sensori ke neuron motor. Sel syaraf ini disebut juga sebagai sel syaraf perantara atau penghubung. Ujung dendrite sel syaraf yang satu berhubungan dengan ujung neurit sel syaraf lain. Pada pertemuan ujung neurit dengan dendrite sel syaraf sel syaraf berikutnya terdapat celah yang sempit yang disebut *sinapsis.* Pada tempat tertentu, badan sel syaraf terkumpul membentuk simpul syaraf yang disebut ganglion.

e). Sel Glia

Sel glia (berasal dari bahasa Yunani yang berarti "lem") adalah sel non-neuron yang menyediakan dukungan dan nutrisi, mempertahankan homeostasis, membentuk mielin, dan berpartisipasi dalam transmisi sinyal dalam sistem syaraf. Dalam otak, diperkirakan bahwa jumlah total glia kasarnya hampir setara dengan jumlah neuron, walaupun perbandingannya bervariasi dalam daerah otak yang berbeda. Sel ini berfungsi untuk :

1. Mendukung neuron dan menahan mereka di tempatnya;
2. Menyediakan nutrisi ke neuron;
3. Insulasi neuron secara elektrik;
4. Menghancurkan patogen dan menghilangkan neuron mati;
5. Menyediakan petunjuk pengarahan akson dari neuron ke sasarannya.

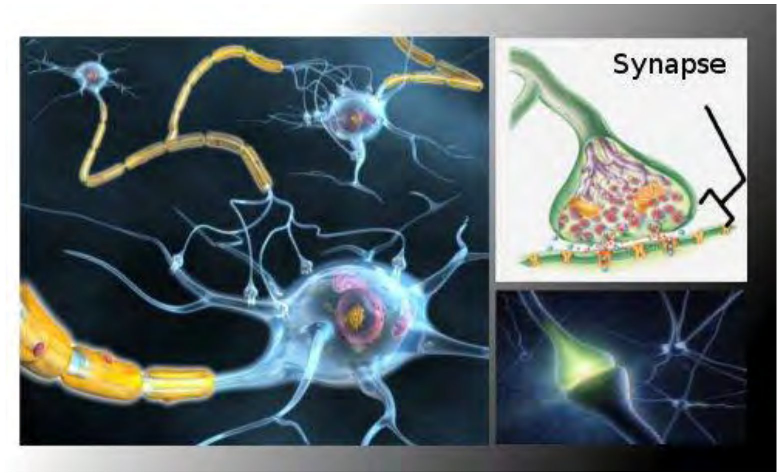
Sel glia yang terdiri atas oligodendrosit dalam susunan syaraf pusat, dan sel schwann dalam sistem syaraf tepi menyusun lapisan yang membungkus

akson, merupakan substansi lemak yang disebut mielin dan menyediakan insulasi elektrik yang memungkinkan untuk mentransmisikan potensial aksi lebih cepat dan lebih efisien.

Jaringan syaraf tersebar di seluruh tubuh yang merupakan serabut yang membuat jalinan komunikasi terpadu. Secara anatomis, susunan syaraf dibagi dalam susunan syaraf pusat yang terdiri atas otak dan medulla spinalis; dan susunan syaraf tepi yang terdiri atas serat syaraf dan kumpulan kecil sel-sel syaraf yang disebut ganglion syaraf.

Sistem syaraf pada mamalia merupakan suatu tingkatan tertinggi dari sistem syaraf pada hewan. Hal tersebut dikarenakan kelengkapan dan ketelitian baik dilihat dari struktur selnya maupun dari fungsi tiap sel yang menyusun sistem syaraf tersebut. Syaraf itu sendiri merupakan serat-serat yang menghubungkan organ-organ tubuh dengan sistem syaraf pusat (yakni otak dan sumsum tulang belakang) dan antar bagian sistem syaraf dengan lainnya. Syaraf membawa impuls dari dan ke otak atau pusat syaraf. Neuron kadang disebut sebagai sel-sel syaraf, meski istilah ini sebenarnya kurang tepat karena banyak sekali neuron yang tidak membentuk syaraf. Syaraf adalah bagian dari sistem syaraf periferal. Syaraf aferen membawa sinyal sensorik ke sistem syaraf pusat, sedangkan syaraf deferen membawa sinyal dari sistem syaraf pusat ke otot-otot dan kelenjar-kelanjar. Sinyal tersebut seringkali disebut impuls syaraf, atau disebut potensial akson. Sedangkan neuran adalah sel-sel syaraf yang menyusun sistem syaraf sendiri. Sel syaraf atau neuron berfungsi mengirimkan pesan (impuls) yang berupa rangsang atau tanggapan. Jutaan sel syaraf ini membentuk suatu sistem syaraf. Sel syaraf mempunyai kemampuan iritabilitas dan konduktivitas. Iritabilitas artinya kemampuan sel syaraf untuk bereaksi terhadap perubahan lingkungan. Konduktivitas artinya kemampuan sel syaraf untuk membawa impuls-impuls syaraf.

f). Mekanisme kerja sistem syaraf



Gambar 3. Sel syaraf dan Sinaps

Cara sistem syaraf bekerja benar-benar unik dan kompleks. Ia bekerja melalui jaringan kompleks neuron, yang merupakan fungsi dasar sel-sel dari sistem syaraf. Neuron melakukan sinyal atau impuls antara dua komponen dari sistem syaraf, yaitu pusat dan sistem syaraf perifer. Ada terutama tiga jenis neuron, neuron sensorik, neuron motorik, dan interneuron. Neuron sensorik mengirimkan rangsangan atau impuls yang diterima dari alat indera, seperti mata, hidung atau kulit, sistem syaraf pusat, yaitu, ke otak dan sumsum tulang belakang. Otak pada gilirannya, memproses rangsangan tersebut dan mengirimkannya kembali ke bagian lain dari tubuh, memberitahu mereka bagaimana bereaksi terhadap jenis tertentu dari stimulus. Motor neuron bertanggung jawab untuk menerima sinyal dari syaraf otak dan tulang belakang, dan mengirim mereka ke bagian lain dari tubuh. Di sisi lain, interneuron berkepentingan dengan membaca impuls, yang diterima dari neuron sensorik dan memutuskan respon yang akan dihasilkan. Mereka terutama ditemukan di otak dan sumsum tulang belakang. Selain neuron, sistem syaraf juga mengandung sel-sel glial, yang mendukung dan memelihara neuron. Neuron menggunakan sinyal

elektrokimia, atau neurotransmitter untuk transmisi impuls dari satu neuron yang lain.

Impuls dapat dikatakan sebagai "aliran listrik" yang merambat pada serabut syaraf. Bila sebuah serabut syaraf tidak menghantarkan impuls dikatakan bahwa serabut syaraf tersebut dalam keadaan istirahat. Impuls dapat dihantarkan melalui sel syaraf sinapsis. Berikut adalah cara impuls rangsangan dihantarkan :

1) Impuls Melalui Sel Syaraf

Impuls dapat mengalir melalui serabut sysraf karena adanya perbedaan potensial listrik antara bagian luar dan bagian dalam serabut syaraf. Pada saat sel syaraf istirahat, sebelah dalam serabut syaraf bermuatan negative kira-kira -60 mV, sedangkan di sebelah luar serabut syaraf bermuatan positif. Keadaan muatan listrik tersebut diberi nama *potensial istirahat*, sedangkan membrane serabut syaraf dalam keadaan *polarisasi* Jika sebuah impuls merambat melelui akson, dalam singkat muatan di sebelah dalam menjadi positif, kira-kira +60 mV dan muatan sebelah luar menjadi negative. Perubahan tiba-tiba pada potensial istirahat bersamaan dengan impuls disebut *potensial kerja.* Pada saat ini terjadi depolarisasi pada selapit membrane akson. Proses depolarisasi merambat sepanjang serabut syaraf bersamaan dengan merambatnya impuls. Akibatnya, muatan negative di sebelah luar membrane merambat sepanjang serabut syaraf.

Apabila impuls telah lewat, maka sementara waktu serabut syaraf tidak bisa dilalui oleh impuls karena terjadi perubahan dari potensial kerja menjadi potensial istirahat. Agar dapat berfungsi kembali diperlukan waktu kira-kira 1/500 sampai 1/1000 detik untuk pemulihan.

Rangsangan yang dapat menimbulkan impuls harus sama atau di atas ambang batas. Rangsangan yang memiliki kekuatan di bawah ambang batas tidak akan menghasilkan impuls yang dapat mengubah potensial listrik. Kecepatan merambatnya impuls pada mamalia tertentu dapat lebih

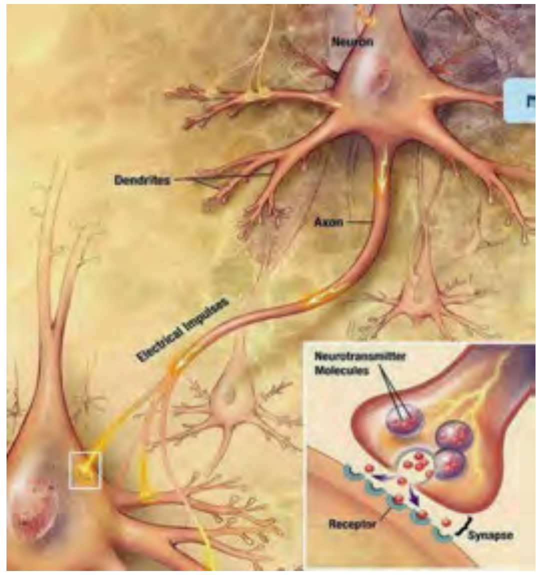
dari 100 meter per detik sedangkan pada beberapa hewan tingkat rendah kira-kira 0,5 meter per detik.

Ada dua faktor yang mempengaruhi kecepatan rambatan impuls syaraf yaitu selaput myelin dan diameter serabut syaraf. Pada serabut syaraf yang bermielin, berpolarisasi hanya terjadi pada nodus ranvier, sehingga terjadi lompatan potensial kerja, akibatnya impuls syaraf lebih cepat merambat.

2) Impuls melalui sinapsis

Sinapsis merupakan titik temu antara ujung neurit atau akson dari suatu neutron dengan ujung dendrite dari neuron lainnya. Setiap ujung akson membengkak membentuk bonggol sinapsis (*synaptic knob*). Pada bonggol sinapsis tersebut terdapat mitokondria dan gelembung-gelembung sinapsis. Gelembung-gelembung sinapsis tersebut berisi zat kimia *neurotrasmiter* yang berperan penting dalam merambatkan impuls syaraf ke sel syaraf lain. Ada berbagai macam neurotransmiter antara lain *asetilkolin* yang terdapat pada sinapsis di seluruh tubuh, *noradrenalain* terdapat di syaraf simpatetik, dan *dopamine* serta *serotonin* terdapat di otak. Antara ujung borgol sinapsis dengan membrane sel syaraf berikutnya terdapat celah sinapsis yang dibatasi oleh membran pre-sinapsis (membrane dari borgol sinapsis) dan membrane post-sinapsis (membrane dendrite dari sel syaraf berikutnya). Apabila impuls syaraf pada bonggol sinapsis, maka gelembung-gelembung sinapsis akan mendekati membrane pre-sinapasis, kemudian melepaskan isinya yaitu neurotransmitter ke celah sinapsis. Impuls syaraf dibawa oleh neurotransmitter ini. Neurotransmiter menyeberang celah sinapsis menuju membran post-sinapsis. Zat kimia neutrotransmiter ini mengakibatkan terjadinya depolarisasi pada membran post-sinapsis dan terjadilah potensial kerja. Ini berarti impuls telah diberikan ke serabut syaraf berikutnya. Dengan demikian impuls syaraf menyebrangi celah

sinapsis dengan cara perpindahan zat kimia, untuk kemudian dilanjutkan pada sel syaraf berikutnya dengan cara rambatan potensial kerja.



Gambar 4. Neurotransmiter

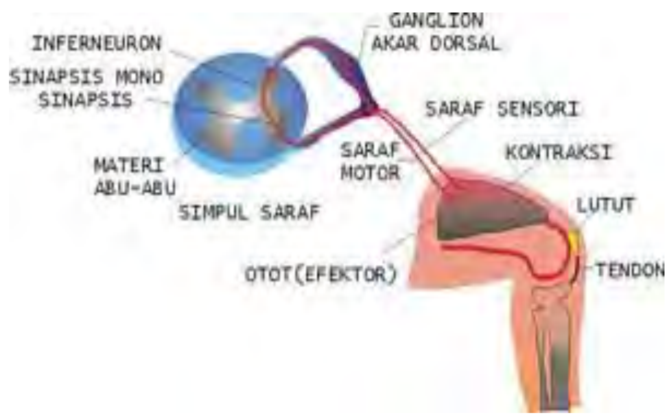
Apabila neurotransmiter sudah melaksanakan tugas maka akan diuraikan oleh enzim yang dihasilkan oleh membrane post-sinapsis. Misalnya apabila neurotransmitter berupa *asetilkolin* maka enzim yang menghidrolisisnya adalah enzim *asetilkolinesterase*

Gerak merupakan pola koordinasi yang sangat sederhana untuk menjelaskan penghantaran impuls oleh saraf.Gerak pada umumnya terjadi secara sadar, namun, ada pula gerak yang terjadi tanpa disadari yaitu gerak refleks. Impuls pada gerakan sadar melalui jalan panjang, yaitu dari reseptor, ke saraf sensori, dibawa ke otak untuk selanjutnya diolah oleh otak, kemudian hasil olahan oleh otak, berupa tanggapan, dibawa oleh saraf motor sebagai perintah yang harus dilaksanakan oleh efektor.

Gerak refleks berjalan sangat cepat dan tanggapan terjadi secara otomatis terhadap rangsangan, tanpa memerlukan kontrol dari otak. Jadi dapat

dikatakan gerakan terjadi tanpa dipengaruhi kehendak atau tanpa disadari terlebih dahulu. Contoh gerak refleks misalnya berkedip, bersin, atau batuk.

Pada gerak refleks, impuls melalui jalan pendek atau jalan pintas, yaitu dimulai dari reseptor penerima rangsang, kemudian diteruskan oleh saraf sensori ke pusat saraf, diterima oleh set saraf penghubung (asosiasi) tanpa diolah di dalam otak langsung dikirim tanggapan ke saraf motor untuk disampaikan ke efektor, yaitu otot atau kelenjar. Jalan pintas ini disebut *lengkung refleks.* Gerak refleks dapat dibedakan atas refleks otak bila saraf penghubung (asosiasi) berada di dalam otak, misalnya, gerak mengedip atau mempersempit pupil bila ada sinar dan refleks sumsum tulang belakang bila set saraf penghubung berada di dalam sumsum tulang belakang misalnya refleks pada lutut.



Gambar 5. Lengkung refleks

- **Sistem Saraf Sadar**

  Sistem saraf sadar disusun oleh saraf otak (saraf kranial), yaitu saraf-saraf yang keluar dari otak, dan saraf sumsum tulang belakang, yaitu saraf-saraf yang keluar dari sumsum tulang belakang.

  Saraf otak ada 12 pasang yang terdiri dari:

1. Tiga pasang saraf sensori, yaitu saraf nomor 1, 2, dan 8
2. lima pasang saraf motor, yaitu saraf nomor 3, 4, 6, 11, dan 12
3. empat pasang saraf gabungan sensori dan motor, yaitu saraf nomor 5, 7, 9, dan 10.

Saraf otak dikhususkan untuk daerah kepala dan leher, kecuali nervus vagus yang melewati leher ke bawah sampai daerah toraks dan rongga perut. Nervus vagus membentuk bagian saraf otonom. Oleh karena daerah jangkauannya sangat luas maka nervus vagus disebut saraf pengembara dan sekaligus merupakan saraf otak yang paling penting.

Saraf sumsum tulang belakang berjumlah 31 pasang saraf gabungan. Berdasarkan asalnya, saraf sumsum tulang belakang dibedakan atas 8 pasang saraf leher, 12 pasang saraf punggung, 5 pasang saraf pinggang, 5 pasang saraf pinggul, dan satu pasang saraf ekor.

Beberapa urat saraf bersatu membentuk jaringan urat saraf yang disebut *pleksus.* Ada 3 buah pleksus yaitu sebagai berikut.

a. *Pleksus cervicalis* merupakan gabungan urat saraf leher yang mempengaruhi bagian leher, bahu, dan diafragma.
b. *Pleksus brachialis* mempengaruhi bagian tangan.
c. *Pleksus Jumbo sakralis* yang mempengaruhi bagian pinggul dan kaki.

- **Saraf Otonom**

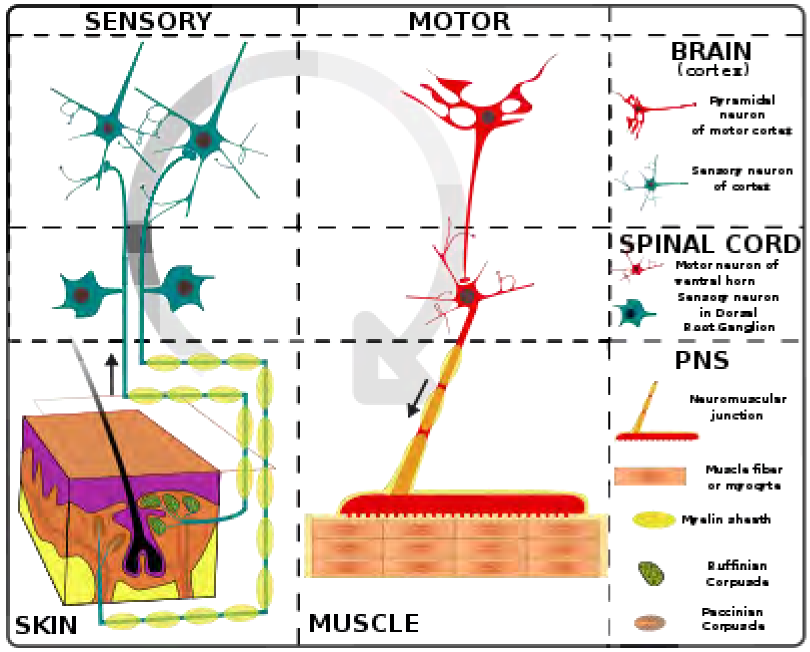
Sistem saraf otonom disusun oleh serabut saraf yang berasal dari otak maupun dari sumsum tulang belakang dan menuju organ yang bersangkutan. Dalam sistem ini terdapat beberapa jalur dan masing-masing jalur membentuk sinapsis yang kompleks dan juga membentuk ganglion. Urat saraf yang terdapat pada pangkal ganglion disebut urat saraf *pra ganglion* dan yang berada pada ujung ganglion disebut urat saraf *post ganglion.*

Sistem saraf otonom dapat dibagi atas sistem saraf *simpatik* dan sistem saraf *parasimpatik.* Perbedaan struktur antara saraf simpatik dan parasimpatik terletak pada posisi ganglion. Saraf simpatik mempunyai ganglion yang terletak di sepanjang tulang belakang menempel pada sumsum tulang belakang sehingga mempunyai urat *pra ganglion pendek,* sedangkan saraf parasimpatik mempunyai urat *pra ganglion* yang *panjang* karena ganglion menempel pada organ yang dibantu.

Fungsi sistem saraf simpatik dan parasimpatik selalu berlawanan (antagonis). Sistem saraf parasimpatik terdiri dari keseluruhan "nervus vagus" bersama cabang-cabangnya ditambah dengan beberapa saraf otak lain dan saraf sumsum sambung.

- **Gerak yang disadari dan Gerak Reflek**

Gerak merupakan salah satu aktifitas tubuh yang dapat digunakan untuk menjelaskan penghantaran impuls oleh syaraf. Seringkali dalam kehidupan sehari-hari hewan melakukan gerakan yang disadari maupun yang tidak disadari. Berjalan, makan merupakan gerakan yang disengaja. Gerakan yang dilakukan dengan kesadaran disebut gerak biasa atau gerak sadar. Adapun gerakan yang dilakukan tanpa disadari, misalnya berkedip dan bernapas disebut gerak reflex. Pada dasarnya gerak reflex merupakan bagian dari mekanisme pertahanan pada tubuh dan prosesnya lebih cepat dari gerak sadar.

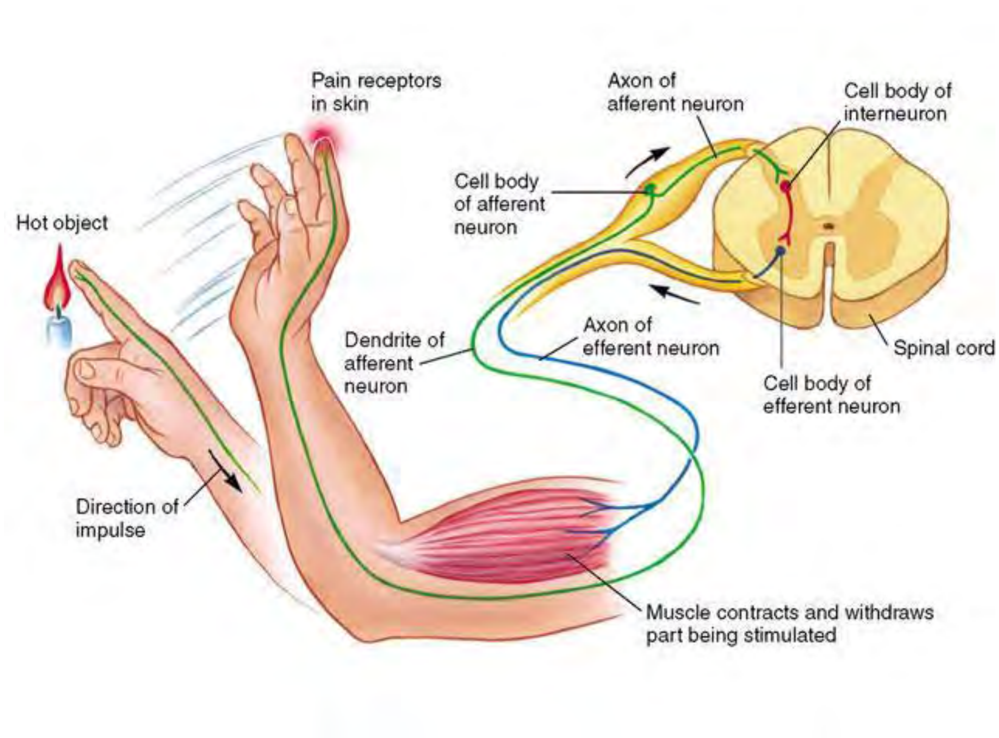


Gambar 6. Mekanisme fungsi syaraf yang disederhanakan
Sumber : http //id. wikipedia.org

Impuls pada gerakan biasa atau gerakan yang disadari melalui perjalanan yang berbeda dengan gerakan reflex. Pada gerak biasa impuls yang diterima oleh reseptor berjalan ke syaraf sensori, selanjutnya dibawa ke otak untuk di olah. Hasil olahan di otak berupa tanggapan akan dibawa oleh syaraf motor menuju ke efektor.

Pada Gerak reflex impuls syaraf melalui jalan yang lebih pendek yaitu diawali dengan reseptor sebagai penerima rangsangan kemudian dibawa oleh syaraf sensori ke pusat syaraf. Impuls tersebut selanjutnya diterima sel syaraf penghubung (neuron perantara) tanpa diolah oleh otak, kemudian tanggapan di kirim oleh syaraf motor menuju efektor. Jalannya impuls pada suatu kegiatan reflex disebut *lengan reflex*. Berdasarkan letak syaraf penghubungnya, gerak reflex dibedakan menjadi reflex otak dan reflex sumsum tulang belakang. Disebut reflex otak apabila syaraf penghubungnya terletak di dalam otak misalnya reflex pupil mata yang membesar atau mengecil sebagai respon terhadap perubahan intesitas

cahaya. Disebut reflex sumsum tulang belakang apabila syaraf penghubungnya terletak di dalam sumsum tulang belakang, misalnya reflex pada lutut.



Gambar 7. Mekanisme Gerak Reflek

g). Kelainan Sistem Syaraf

1) Paralisis

Merupakan gejala penyakit yang ditunjukkan oleh tidak adanya reflek pada ekstremitas. Pada beberapa kejadian kehilangan reflek ini juga terjadi pada palpebrae, ketidakmampuan untuk menggerakkan telinga atau juga akibat pembiusan.

2) Tremor

Merupakan gerakan yang tidak dapat dikoordinasikan oleh sistem syaraf. Alat gerak seperti kaki depan atau belakang atau bagian lain akan bergetar

dengan sendirinya, tidak bisa dikontrol oleh sistem syaraf, Getaran akan bisa berhenti dengan sendirinya.

MENANYA :

Berdasarkan hasil pengamatan yang telah Anda lakukan, dan untuk meningkatkan pemahaman Anda tentang system syaraf hewan ruminansia dan non ruminansia, buatlah minimal 3 pertanyaan dan lakukan diskusi kelompok tentang :

1) Faktor-faktor yang mempengaruhi mekanisme kerja system syaraf hewan ruminansia dan nonruminansia.
2) Perbedaan reaksi akibat perbedaan rangsangan pada system syaraf hewan ruminansia dan non ruminansia.

MENGUMPULKAN INFORMASI / MENCOBA :

1. Cari informasi dari berbagai sumber (internet, modul, buku–buku referensi, serta sumber–sumber lain yang relevan) tentang system syaraf hewan ruminansia dan non ruminansia !
2. Lakukan pengamatan system syaraf hewan ruminansia dan non ruminansia dengan menggunakan lembar kerja sebagai berikut :

Lembar Kerja 1

Judul : Identifikasi Gerak Normal dan Gerak Reflek

Tujuan : Dapat membedakan gerak normal dan gerak reflek

Dasar teori : Gerakan otot dapat dibedakan menjadi dua hal yaitu gerak normal atau gerakan yang disadari stelah mendapatkan rangsangan dan gerak reflek yang merupakan gerak yang dilakukan tanpa disadari akibat adanya rangsangan.

Langkah kerja :

1. Coba lakukan pengamatan terhadap aktivitas-aktivitas berikut :
    a. Reaksi akibat digigit nyamuk
    b. Rekasi akibat mendengar panggilan
    c. Gerakan pernapasan
    d. Gerakan karena terkena sengatan listrik
    e. Gerakan karena tersentuh benda panas

2. Bagaimana hasil pengamatan yang anda lakukan,
    a. Apakah gerakan yang dilakukan berbeda-beda?
    b. Apakah intensitas gerakannya berbeda?
    c. Apakah kecepatan gerakannya berbeda?
    d. Apakah mekanisme pengaturannya berbeda?

Lembar Pengamatan

Nama Siswa :…………………………………………..

Nama Sekolah :…………………………………………..

1. Reaksi akibat digigit nyamuk :

……

………..

2 Reaksi akibat mendengar panggilan :

……

………..

3. Gerakan Napas :

……

………..

4. Reaksi akibat tersentuh benda panas :

……

………..

5. Reaksi akibat tersengat listrik :

……

………..

Pembahasan :

……

………

Mengasosiasikan :

(Dari hasil pengamatan disimpulkan/digenaralisir kecenderungan yang akan terjadi)

……

………..

Lembar Kerja 2

Judul : Mekanisme Kerja Otot Rangka

Alat dan Bahan :

a. Alat bedah,
b. bak bedah,
c. kimograf dan sumber listrik,
d. jarum sonde,
e. katak Rana sp. dan Bufo sp. dewasa,
f. larutan ringer. Komposisi larutan ringer : NaCl 6.95 g; KCl 0.075 g; $CaCl_2$ 0.1-0.2 g; $NaHCO_3$ 0.1-0.2 g; glukosa 1g dalam 1000 ml air.

Langkah Kerja :

1. Persiapkan alat dan Bahan
2. Katak didekapitasi dengan pisau bedah yang tajam dan lakukan perusakan sum-sum tulang dengan jarum sonde agar tubuh katak menjadi lemas
3. Isolasi otot rangkanya. Untuk mengisolasi otot gastrocnemius, kulit katak di bagian paha dan betis dibuka (digunting) lalu otot gastrocnemius (hingga tendon achilles) bersama pangkal femur dipisahkan dari bagian kaki katak lainnya.
4. Siapkan kimograf dan selanjutnya otot dapat dipasang pada bak spesimen dari kimograf dengan tendon achilles diikat dengan benang dan dihubungkan dengan alat pengungkit otot. Bagian pangkal femur yang diisolasi bersama otot gastrocnemius dijepit dengan menggunakan jarum agar benang penghubung berada dalam keadaan tegang dan respons yang terjadi pada otot akan dapat tercatat pada kimograf. Selama isolasi dan penggunaan otot diberi larutan ringer.
5. Amati Respons Otot Terhadap Rangsang Tunggal Dengan Intensitas Berbeda. Pada awalnya, jenis rangsang diatur sebagai rangsang ”single”, tromol dibuat berputar dengan kecepatan sedang (50 mm/det), dan kemudian elektroda stimulator ditempatkan pada otot di sekitar tendon achilles. Lalu tromol dinyalakan dan otot dirangsang dengan kuat rangsang paling rendah (0 V) hingga kuat rangsang paling

tinggi (25 volt). Berdasarkan grafik yang didapat, tentukan nilai kuat rangsang minimal, submaksimal, dan maksimal.

6. Amati Kontraksi Tunggal Otot Rangka Jenis rangsang juga diatur sebagai rangsang ”single”, tromol diatur agar berputar dengan kecepatan maksimum(625 mm/detik) dan kuat rangsang yang dipakai adalah kuat rangsang submaksimal yang didapat dari percobaan sebelumnya (percobaan a). Selain itu, titik awal dari jarum pencatat harus ditandai pada kertas berskala. Setelah elektroda stimulator ditempatkan pada otot di sekitar tendon achilles, tombol penyala tromol dan pemberi rangsang ditekan secara bersamaan. Pemberian rangsang dilakukan dengan dua kali penekanan tombol stimulator.
   a. Pada perlakuan pertama, pemberian rangsang kedua dilakukan segera setelah kontraksi pertama berlangsung seluruhnya
   b. Pada perlakuan kedua, pemberian rangsang kedua dilakukan sebelum kontraksi pertama berlangsung seluruhnya
   c. Pada perlakuan ketiga, pemberian rangsang kedua dilakukan secepat mungkin setelah pemberian rangsang pertama agar rangsang kedua jatuh pada periode laten dari kontraksi pertama. Tromol diatur agar berputar sedang, dan kuat rangsang yang dipakai adalah kuat rangsang submaksimal. Frekuensi rangsang yang diberikan diatur dari frekuensi lambat, sedang, cepat, hingga sangat cepat.
7. Lakukan pencacatan hasil pengamatan anda
8. Diskusikan dan simpulkan.

Lembar Pengamatan

1	Gambar mekanisme kegiatan :
2	Hasil kegiatan : A
	B

	C.
3	Kesimpulan :

MENGKOMUNIKASIKAN :

Berdasarkan hasil pengamatan, pengumpulan informasi dan identifikasi serta asosiasi yang telah Anda lakukan :

1) Buatlah laporan tertulis secara individu!
2) Buatlah bahan presentasi dan presentasikan di depan kelas secara kelompok!

3. Refleksi

Setelah Anda mempelajari materi system syaraf pada hewan ruminansia dan hewan non ruminansia, harap jawab pertanyaan-pertanyaan sebagai berikut:

a. Pertanyaan:

Hal-hal apa saja yang dapat Anda lakukan tekait dengan materi system syaraf pada hewan ruminansia dan hewan non ruminansia?

Jawaban:

b. Pertanyaan:

Pengalaman baru apa yang Anda peroleh dari materi system syaraf pada hewan ruminansia dan hewan non ruminansia?

Jawaban:

c. Pertanyaan:

Manfaat apa saja yang Anda peroleh dari materi system syaraf pada hewan ruminansia dan hewan non ruminansia?

Jawaban:

d. Pertanyaan:

Aspek menarik apa saja yang Anda temukan dalam materi system syaraf pada hewan ruminansia dan hewan non ruminansia?

Jawaban:

4. Tugas

a. Buatlah kliping sistem syaraf hewan ruminansia dan non ruminansia!

b. Lakukan observasi (pengamatan) terhadap sistem syaraf hewan ruminansia dan non ruminansia dengan cara :

   1) Membaca uraian materi pada buku teks ini tentang sistem syaraf ruminansia dan non ruminansia
   2) Mencari informasi di lokasi setempat yang berkaitan sistem syaraf ruminansia dan non ruminansia
   3) Mengamati suatu proses yang berkaitan sistem syaraf ruminansia dan non ruminansia

c. Buatlah minimal 2 pertanyaan terhadap hal-hal yang belum Anda pahami atau perlu penjelasan dari hasil observasi yang berkaitan sistem syaraf ruminansia dan non ruminansia

5. Tes Formatif

Pilihlah salah satu jawaban yang benar dengan cara memberi tanda silang pada huruf didepan jawaban yang anda pilih.

1. Bagian yang menerima rangsangan adalah :
   a. Efektor
   b. Reseptor
   c. Ganglion
   d. Sinaps
2. Penghantar impuls pada sinaps adalah
   a. Neutransmitter
   b. Asetilkholin
   c. Asetilkholinerase
   d. miosin
3. Bagian sistem syaraf pusat yang mengendalikan pernapasan terdapat pada :
   a. Otak besar
   b. Otak kecil
   c. Medulla Oblongata
   d. Sumsum tulang
4. Bahan abu-abu pada otak adalah :
   a. terbuat dari tiga lapisan pelindung meninges
   b. terletak pada bagian luar sumsum tulang
   c. hanya terdapat pada otak
   d. dipenuhi oleh badan sel syaraf
5. Lokasi reseptor neurotransmitter terdapat di :
   a. Ujung akson
   b. nodus Ranvier membran akson
   c. membran pra dan pasca sinapsis
   d. membran vesicula sinapsik.

6. Diantara komponen system syaraf berikut yang paling inklusif adalah…..
   a. otak
   b. sumsum tulang belakang
   c. system syaraf pusat
   d. bahan abu-abu
7. Pada gerak reflek, rangsangan diolah di
   a. Otak
   b. Sumsum tulang belakang
   c. Sel Syaraf penghubung
   d. Ganglion
8. Sel syaraf yang mengendalikan system pencernaan adalah
   a. Syaraf simpatis
   b. Syaraf pasimpatis
   c. Syaraf somatic
   d. Medula Oblongata
9. Sel glia mempunyai fungsi :
   a. menyediakan nutrisi bagi sel syaraf
   b. meneruskan sinyal
   c. Sama dengan sel syaraf
   d. Sebagai alat pertahanan sel syaraf
10. Gerakan menggaruk akibat digigit nyamuk dikendalikan oleh
   a. Syaraf simpatis
   b. Syaraf pasimpatis
   c. Syaraf somatic
   d. Medula Oblongata

C. PENILAIAN

1. Penilaian Sikap

Anda diminta untuk melakukan penilaian diri. Penilaian ini dilakukan cara sebagai berikut :

1) Bacalah pernyataan yang ada di dalam kolom dengan teliti
2) berilah tanda cek (√) sesuai dengan sesuai dengan kondisi dan keadaan kalian sehari-hari

a) Sikap Spiritual

No.	Aspek Pengamatan	Skor			
		1	2	3	4
1	Berdoa sebelum dan sesudah melakukan sesuatu				
2	Mengucapkan rasa syukur atas karunia Tuhan				
3	Memberi salam sebelum dan sesudah menyampaikan pendapat/presentasi				
4	Mengungkapakan kekaguman secara lisan maupun tulisan terhadap Tuhan saat melihat kebesaran Tuhan				
5	Merasakan keberadaan dan kebesaran Tuhan saat mempelajari ilmu pengetahuan				
Jumlah Skor					

b) Sikap Jujur

No	Aspek Pengamatan	Skor			
		1	2	3	4
1	Tidak nyontek dalam mengerjakan ujian/ulangan/tugas				
2	Tidak melakukan plagiat (mengambil/menyalin karya orang lain tanpa menyebutkan sumber) dalam mengerjakan setiap tugas				
3	Mengungkapkan perasaan terhadap sesuatu apa adanya				
4	Melaporkan data atau informasi apa adanya				
5	Mengakui kesalahan atau kekurangan yang dimiliki				
Jumlah Skor					

c) Sikap Disiplin

No	Sikap yang diamati	Melakukan	
		Ya	Tidak
1	Masuk kelas tepat waktu		
2	Mengumpulkan tugas tepat waktu		
3	Memakai seragam sesuai tata tertib		
4	Mengerjakan tugas yang diberikan		
5	Tertib dalam mengikuti pembelajaran		
6	Mengikuti praktikum sesuai dengan langkah yang ditetapkan		
7	Membawa buku tulis sesuai mata pelajaran		
8	Membawa buku teks mata pelajaran		
Jumlah			

2. Penilaian Pengetahuan

Pilihlah salah satu jawaban yang benar dengan cara memberi tanda silang pada huruf didepan jawaban yang anda pilih.

1. Bagian yang menerima rangsangan adalah :
   a. Efektor
   b. Reseptor
   c. Ganglion
   d. Sinaps
2. Penghantar impuls pada sinaps adalah
   a. Neutransmitter
   b. Asetilkholin
   c. Asetilkholinerase
   d. miosin
3. Bagian sisstem syaraf pusat yang mengendalikan pernapasan terdapat pada :
   a. Otak besar
   b. Otak kecil
   c. Medulla Oblongata
   d. Sumsum tulang
4. Bahan abu-abu pada otak adalah :
   a. terbuat dari tiga lapisan pelindung meninges
   b. terletak pada bagian luar sumsum tulang
   c. hanya terdapat pada otak
   d. dipenuhi oleh badan sel syaraf
5. Lokasi reseptor neurotransmitter terdapat di :
   a. Ujung akson
   b. nodus Ranvier membran akson
   c. membran pra dan pasca sinapsis
   d. membran vesicula sinapsik.

6. Diantara komponen system syaraf berikut yang paling inklusif adalah.....
   a. otak
   b. sumsum tulang belakang
   c. system syaraf pusat
   d. bahan abu-abu
7. Pada gerak reflek, rangsangan diolah di
   a. Otak
   b. Sumsum tulang belakang
   c. Sel Syaraf penghubung
   d. Ganglion
8. Sel syaraf yang mengendalikan system pencernaan adalah
   a. Syaraf simpatis
   b. b Syaraf pasimpatis
   c. c Syaraf somatic
   d. Medula Oblongata
9. Sel glia mempunyai fungsi :
   a. menyediakan nutrisi bagi sel syaraf
   b. meneruskan sinyal
   c. Sama dengan sel syaraf
   d. Sebagai alat pertahanan sel syaraf
10. Gerakan menggaruk akibat digigit nyamuk dikendalikan oleh
   a. Syaraf simpatis
   b. b Syaraf pasimpatis
   c. c Syaraf somatic
   d. Medula Oblongata

3. **Penilaian Ketrampilan**

Untuk penilaian ketrampilan dilakukan dengan memberikan tanda “√” pada kolom “Ya” bila jawaban anda sesuai dan pada kolom “Tidak” bila jawaban tidak sesuai dengan kriteria.

1. Jelaskan mekanisme terjadinya gerakan otot rangka !

No	**Pernyataan**	**Kesesuaian**		**Keterangan**
		Ya	**Tidak**	
1	Penjelasan disampaikan secara jelas			Ketrampilan komunikasi
2	Penjelasan disampaikan dengan sekuensi yang benar			Ketrampilan komunikasi
3	Penjelasan disampaikan dengan benar			Kebenaran materi
4	Penjelasan setiap tahapan dilakukan dengan benar			
5	Penyebutan bagian-bagian dilakukan dengan benar			

2. Jelaskan mekanisme terjadinya gerak reflek!

No	**Pernyataan**	**Kesesuaian**		**Keterangan**
		Ya	**Tidak**	
1	Penjelasan disampaikan secara jelas			Ketrampilan komunikasi
2	Penjelasan disampaikan dengan sekuensi yang benar			Ketrampilan komunikasi
3	Penjelasan disampaikan dengan benar			Kebenaran materi
4	Penjelasan setiap tahapan dilakukan dengan benar			
5	Penyebutan bagian-bagian dilakukan dengan benar			

Kegiatan Pembelajaran 2. Sistem Pertahanan Tubuh

A. Deskrpisi

Kegiatan Belajar 2 mempelajari tentang system pertahanan/kekebalan tubuh baik pada ruminansia maupun non ruminansia yang mencakup hewan monogastrik dan unggas.

B. Kegiatan Belajar

1. Tujuan Pembelajaran

a. Peserta didik dapat menalar system pertahanan hewan ruminansia
b. Peserta didik dapat menalar system pertahanan non ruminansia

Alokasi Waktu : Waktu Pembelajaran : 16 JP (4 JP x 4 minggu)

2. Uraian Materi

MENGAMATI / OBSERVASI :

Lakukan pengamatan terhadap system pertahanan/kekebalan tubuh baik pada ruminansia maupun non ruminansia yang mencakup hewan monogastrik dan unggas dengan cara :

1. Membaca uraian materi tentang system pertahanan/kekebalan tubuh baik pada ruminansia maupun non ruminansia
2. Mencari informasi di lokasi setempat tentang system pertahanan/kekebalan tubuh baik pada ruminansia maupun non ruminansia melalui internet, buku, modul atau sumberlainnya
3. Mengamati suatu proses yang berkaitan dengan system pertahanan/kekebalan tubuh baik pada ruminansia maupun non ruminansia .

a). Pendahuluan

Pernahkan anda mendengar kata vaksinasi ? Mengapa kita harus divaksin? Pada manusia istilah ini umum dikenal dengan istilah immunisasi. Anak-anak secara teratur dan berkala diberikan immunisasi terhadap penyakit-penyakit tertentu. Setelah dilakukan immunisasi harapannya anak tersebut tidak akan terserang penyakit yang telah diberikan imunisasi. Istilah lain yang lebih umum didunia peternakan adalah vaksinasi. Vaksinasi merupakan upaya yang dilakukan agar kita tidak terserang suatu penyakit. Vaksinasi ini dilakukan agar tubuh mengenal suatu bibit penyakit dan kemudian tubuh akan membentuk zat kebal terhadap bibit penyakit tersebut. Bagaimana mekanisme terbentuknya zat kebal sehingga bisa mempertahankan individu tersebut dari serangan penyakit? Hal-hal yang berkaitan dengan proses atau mekanisme timbulnya zat kebal akan anda pelajari dalam buku ini. Syarat-syarat zat yang dapat digunakan untuk merangsang timbulnya zat kebal juga akan dibahas dalam buku ini.

Setiap individu setiap saat harus mempertahankan hidupnya dari serangan yang tidak dikehendaki yang bisa menyebabkan individu tersebut sakit. Penyebab sakit ini bisa bermacam-macam dari bakteri, virus, parasit atau sel dari dalam individu yang berkembang secara tidak normal. Sistem pertahanan tubuh yang mempunyai tugas melawan terhadap serangan tersebut dikenal sebagai system kekebalan. Sistem ini bertanggung jawab untuk melindungi tubuh hewan terhadap mikroorganisme dan kuman. Sistem pertahanan tubuh juga memainkan peran dalam penyembuhan hewan dari penyakit dan cedera.

b). Pertahanan Non Spesifik

Pernahkan anda bersin? Seberapa seringkah anda bersin ? Kalau kita memasuki ruangan yang berdebu maka kita akan bersin. Bersin ini adalah salah satu respon terhadap lingkungan. Adanya debu yang masuk kedalam

saluran pernafasan bisa mengakibatkan timbulnya bersin. Debu yang tersangkut oleh rambut getar dalam saluran pernafasan akan dikeluarkan dengan proses bersin. Dengan sering dalam bersin berarti kemungkinan udara didaerah tersebut kurang bersih, banyak debu yang ikut masuk dalam udara pernapasan. Rambut getar tersebut merupakan salah satu alat pertahanan non spesifik. Coba perhatikan hidung dari hewan yang ada disekitarmu. Amati apakah didalam rongga hidung tersebut terdapat bulu-bulu halus? Diskusikan apa fungsi dari bulu-bulu tersebut.

Hal lain lagi apabila mata kita kemasukan debu atau serangga maka apa yang akan terjadi ? Mata akan mengeluarkan air mata agar supaya debu atau serangga dapat terbawa keluar dari daerah mata. Keluarnya air mata ini merupakan salah satu dari mekanisme pertahanan non spesifik.

Bibit penyakit yang masuk kedalam tubuh harus melewati rintangan eksternal yaitu kulit dan lapisan lendir yang menutupi permukaan tubuh. Secara normal kulit yang masih utuh tidak dapat ditembus bakteri dan virus, kecuali ada goresan atau luka meskipun sangat kecil memungkinkan adanya invasi bakteri atau virus. Selaput lendir saluran pencernaan, saluran pernapasan, dan salulan urogenital menghalangi masuknya mikroba yang membahayakan. Selain merintangi secara fisik, selaput lendir juga menghalangi secara kimiawi. Mekanisme pertahanan secara kimia dapat terjadi dengan bermacam-macam cara antara lain :

1. Sekresi kelenjar minyak dan kelenjar keringat akan memberikan suasana lingkungan asam yang dapat menghambat pertumbuhan bakteri.
2. Sekresi air mata, air liur, mukosa yang terus menerus membasahi epitel mengandung antimikroba yang disebut lisozim. Enzim ini mencerna dinding sel bakteri sehingga merusak bakteri yang memasuki saluran pernapasan atas.
3. Mukus , merupakan cairan kental yang disekresikan oleh sel-sel membran mukosa akan menjerat mikroba dan partikel lain yang kontak

dengan mucus ini yang kemudian akan disapu keluar oleh silia dalam saluran pernapasan.

4. Asam lambung. Mikroba yang masuk saluran pencernaan akan menghadapi suasana yang sangat asam di lambung. Asam akan merusak mikroba sebelum mencapai usus.

Apabila ada bibit penyakit yang berhasil masuk kedalam tubuh yang selanjutnya akan menghadapi pertahanan non spesifik yang kedua yaitu sel fagositosis, mekanisme peradangan dan protein antimikroba. Fagositosis merupakan proses penelanan organisme yang menyerang tubuh oleh jenis sel darah putih tertentu. Fungsi ini terkait dengan respon peradangan dan protein antimikroba tertentu. Mekanisme non spesifik ini membantu membatasi penyebaran mikroba sebelum direspon oleh kekebalan spesifik.

Sel-sel fagositik ini terdiri atas beberapa sel darah putih seperti neutrofil dan monosit. Neutrofil meliputi sekitar 60% dari seluruh sel darah putih. Sel yang dirusak oleh mikroba akan membebaskan sinyal kimiawi yang menarik neutrofil dalam darah untuk datang. Neutrofil akan memasuki jaringan yang terinfeksi, kemudian menelan dan merusak mikroba yang ada. Neutrofil ini cenderung merusak diri sendiri ketika merusak mikroba dan masa hidupnya hanya beberapa hari. Sedangkan monosit merupakan 5% dari sel darah putih tubuh. Monosit merupakan sel fagosit yang efektif. Monosit bersirkulasi dalam darah hanya dalam beberapa jam, kemudian masuk ke jaringan dan berkembang menjadi makrofaga. Sel-sel ini akan menjulurkan kaki semu (pseudopodia)yang panjang yang dapat menempel ke polisakarida pada permukaan mikroba dan menelan mikroba yang selanjutnya akan merusak mikroba tersebut. Beberapa mikroba telah berevolusi untuk menghindari mekanisme pertahanan non spesifik ini, bahkan ada mikroba yang dapat bereproduksi dalam makrofag. Makrofag ini sebagian bermigrasi ke seluruh tubuh dan sebagian menetap secara permanen dalam jaringan tertentu seperti dalam paru-paru (makrofag alveoli), dalam hati (sel Kupffer), dalam

ginjal (sel mesangial) , dalam otak (sel-sel microglia, dalam jaringan ikat (histiosit) dan terutama dalam limpa dan nodus limpa. Sel lain yang berperan dalam fagositosis adalah Eosinofil. Eosinofil berperan terhadap pertahanan dalam melawan parasit yang berukuran lebih besar, seperti cacing darah. Eosinofil melawan dinding eksternal parasit dan melepaskan enzim-enzim perusak dari granula sitoplasmik. Aktivitas eosinofil sangat terbatas karena jumlahnya hanya 1,5% dari seluruh sel darah putih.

Kerusakan jaringan karena cedera atau luka atau karena masuknya mikroorganisme akan menimbulkan peradangan. Pada daerah luka , arteriola pre kapiler akan berdilatasi dan venula pascakapiler akan menyempit sehingga meningkatkan aliran darah local. Kapiler yang penuh darah akan membocorkan cairan ke dalam jaringan disekitarnya dan menyebabkan edema (pembengkakan) serta warna merah akibat peradangan. Peradangan ini dimulai oleh adanya sinyal kimiawi, yang salah satu sinyalnya adalah histamin. Histamin dihasilkan oleh sel tubuh yang merespon terhadap kerusakan jaringan. Histamin juga dihasilkan oleh sel darah putih (basofil) yang beredar dan sel mast yang ditemukan dalam jaringan ikat. Pada saat luka sel tersebut mengeluarkan histamin yang memicu pembesaran dan peningkatan permeabilitas kapiler didekatnya. Leukosit dan sel jaringan yang rusak akan mengeluarkan prostaglandin yang akan meningkatkan aliran darah ke tempat luka. Peningkatan aliran darah dan permeabilitas pembuluh darah akan membantu pengiriman unsure penggumpalan ke daerah yang terluka. Penggumpalan darah tersebut menandai permulaan proses perbaikan dan membantu menghambat penyebaran mikroba ke bagian tubuh yang lain.

Peningkatan aliran darah dan permeabilitas kapiler juga akan menyebab peningkatan migrasi sel fagositik dari darah ke dalam jaringan yang luka. Migrasi fagosit umumnya dimulai satu jam setelah perlukaan dan diperantarai oleh kemotkasi yang disebut kemokin. Neutrofil merupakan sel fagosit yang pertama tiba dan diikuti oleh monosit yang akan berkembang

menjadi makrofag. Selain memfagositosis pathogen dan produknya, makrofag akan membersihkan sel-sel jaringan yang rusak dan sisa-sisa neutrofil yang rusak. Nanah yang menumpuk akibat infeksi terdiri sebagian besar sel-sel fagosit yang mati dan cairan serta protein yang bocor dari kapiler selama proses respon peradangan akan akan diserap tubuh dalam beberapa hari.

Pada infeksi yang hebat seperti meningitis dan appendisities jumlah leukosit dalam darah bisa meningkat dalam jumlah yang tinggi hanya dalam beberapa jam setelah peradangan awal. Respon sistemik lainnya adalah demam. Toksin yang dihasilkan pathogen bisa memicu demam, tetapi leukosit tertentu juga bisa melepaskan molekul yang disebut pirogen. Pirogen ini akan menyebabkan tubuh berada pada suhu yang tinggi.

Zat lain yang berperan dalam pertahaan non spesifik, karena tidak membedak-bedakan patogen-patogen spesifik adalah protein antimikroba. Seperti telah dijelaskan diatas protein antimikroba bisa berupa lisosom yaitu enzim antimikroba yang terdapat dalam saliva, air mata dan sekresi mukosa. Agen protein antimikroba yang lain adalah system komplemen dan interferon. Sistem komplemen ini melakukan aktivitasnya dengan melisiskan mikroba. Sedangkan interferon adalah protein antivirus yang disekresikan oleh sel-sel yang terinveksi virus. Interferon ini akan masuk ke sel-sel yang berada disekitarnya dan menginduksi sel-sel tersebut untuk menghasilkan zat kimia yang menghambat reproduksi virus. Interferon akan menghambat penyebaran virus dari sel ke sel dalam tubuh. Interferon tidak spesiifik terhadap virus sehingga interferon yang dihasilkan sebagai tanggap terhadap virus bisa memberikan kekebalan jangka pendek terhadap virus lain. Selain itu interferon juga mengaktifkan fagosit meningkatkan kemampuannya untuk menelan dan membunuh mikroorganisme.

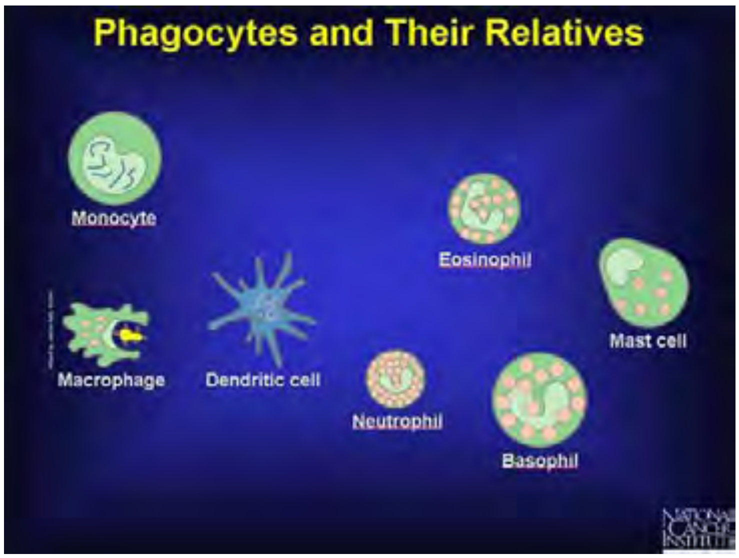
Fagosit adalah jenis sel darah putih yang membantu tubuh melawan infeksi dan manusia membuang sel somatik mati atau sekarat. Fagosit

membersihkan tubuh dari bakteri dan patogen lain melalui proses menelan disebut fagositosis. Selama fagositosis, fagosit menelan dan membunuh mikroba dengan menggunakan berbagai metode yang berbeda. Ada dua jenis fagosit, profesional dan non-profesional. Sel-sel profesional yang dilengkapi dengan molekul reseptor yang tertarik dengan bahan kimia tertentu yang menandakan adanya infeksi.

Salah satu peran penting diisi oleh fagosit adalah pembuangan sel-sel yang telah mengalami apoptosis, atau sel mati terprogram. Sel-sel mati atau sekarat dibuang oleh fagosit non-profesional. Sel-sel mengeluarkan sinyal kimia yang memungkinkan fagosit untuk mendeteksi penurunan mereka, sehingga kemudian dapat menelan sel-sel mati menggunakan fagositosis. Fagosit profesional juga menggunakan fagositosis untuk membuang bakteri dan mikroba lainnya. Virus tidak dapat dibunuh dengan menggunakan proses ini, karena mereka menggunakan fagositosis untuk menyerang sel-sel darah putih dan menginfeksi seluruh tubuh.

Fagositosis dimulai dengan fagosit seputar mikroba atau sel mati. Ketika sel berbahaya benar-benar tenggelam dalam fagosit, terperangkap dalam ruang yang disebut vesikel phagosome atau fagosit. Enzim yang mengandung organel yang disebut lisosom kemudian menyatu dengan fagosom, menciptakan struktur yang disebut suatu phagolysosome, di mana partikel terperangkap dibunuh dan dicerna. Fagosit dapat membunuh mikroba baik menggunakan proses intraseluler atau ekstraseluler. Proses pembunuhan paling efisien terjadi dalam fagosit dan tergantung pada molekul yang mengandung oksigen yang ditemukan dalam sel darah putih. Radikal oksigen menjalani berbagai reaksi kimia dalam kehadiran enzim yang ditemukan dalam phagolysosome tersebut. Reaksi kimia ini mengkonversi oksigen untuk hidrogen peroksida dan single oksigen, bentuk yang kurang stabil molekul oksigen. Hidrogen peroksida merupakan antiseptik dan disinfektan yang membunuh mikroba.

Ada juga jenis pembunuhan intraseluler yang tidak bergantung pada kehadiran oksigen. Protein antimikroba dalam phagolysosome juga dapat membunuh bakteri dengan menyerang membran bakteri mereka. Mengikat protein yang disebut lactoferrins menghilangkan bakteri besi dengan mikroba perlu tumbuh dan berkembang biak. Pembunuhan ekstraseluler terjadi di luar sel, dan tergantung pada kehadiran protein yang disebut interferon-gamma. Protein ini mengaktifkan fagosit profesional disebut makrofag sehingga menghasilkan protein lain yang disebut faktor nekrosis tumor yang menyebabkan kematian sel.



Gambar 8. Sel Fagosit

Fagosit profesional datang dalam berbagai jenis. Neutrofil adalah jenis fagosit yang paling banyak dan biasanya garis pertama pertahanan tubuh terhadap infeksi. Makrofag biasanya stasioner, atau "tetap," ketika mereka mencapai kedewasaan, menjaga daerah vital tubuh seperti hati, paru-paru, dan otak.. Monosit, selain melakukan fagositosis, juga mengisi makrofag dan sel dendritik dalam tubuh yang sehat.

Makrofag adalah sel darah putih yang melakukan beberapa kegiatan penting dalam sistem kekebalan tubuh. Meskipun fungsi biasa makrofag dianggap untuk mendorong kekebalan bawaan non-spesifik, mereka juga membantu

untuk memulai proses pertahanan tertentu. Sel-sel ini sangat penting untuk respon inflamasi, dan dapat didorong untuk mengejar target tunggal, seperti sel-sel tumor.



Gambar 9. Ilustrasi Fagositosis

Dengan tidak adanya organisme asing seperti bakteri dan virus, salah satu fungsi makrofag adalah untuk melahap kotoran dan jaringan mati. Makrofag menyelesaikan tugas ini dengan cara yang sama bahwa mereka menghancurkan penyerbu asing, dengan proses yang disebut **fagositosis**. Selama proses ini, makrofag melebarkan pseudopods untuk mengambil obyek atau organisme, mengelilinginya, dan membawanya ke dalam tubuh dalam vesikel. Suatu struktur disebut lisosom kemudian ini bergabung dengan vesikel, dan menghancurkan obyek dengan enzim dan bahan kimia beracun.

Setelah fagositosis telah dilakukan, fungsi lain dari makrofag menjadi jelas. Molekul di permukaan penyerang yang dapat dikenali oleh sel-sel kekebalan tubuh, yang dikenal sebagai antigen, yang diambil oleh makrofag, dan terikat di dekatnya sel T helper dalam proses yang dikenal sebagai "presentasi." Dengan mengikat antigen ke molekul khusus pada permukaan sendiri,

makrofag memastikan bahwa sel-sel darah putih lainnya tidak akan melakukan kesalahan dalam mengenali suatu penyerang. Jika sel T helper menemukan antigen yang cocok dengan yang itu disajikan oleh makrofag, akan memulai respon imun.

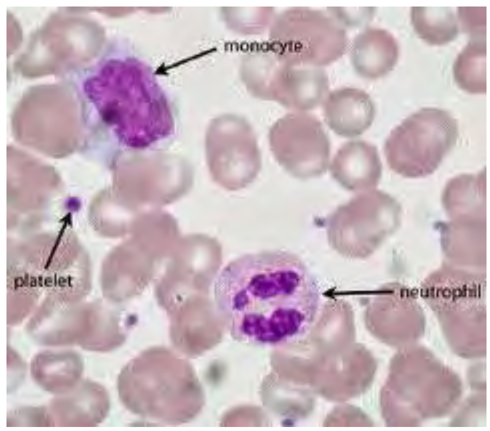
Makrofag juga terlibat dalam respon imun tertentu ketika direkrut oleh sel T. Fungsi makrofag mensyaratkan bahwa senyawa merilis sel T yang dikenal sebagai limfokin dalam menanggapi sel tumor atau sel somatik terinfeksi. Senyawa ini mengikat reseptor limfokin di permukaan makrofag, dan mengaktifkan makrofag untuk menyerang sel terdekat.

Fungsi lain dari makrofag melibatkan respon inflamasi. Setelah jaringan telah terluka, makrofag di daerah tersebut akan melepaskan zat kimia yang meningkatkan aliran darah ke daerah dan menyebabkan peradangan. Peradangan, meskipun menyakitkan, adalah penting untuk memastikan bahwa makrofag dan sel kekebalan lainnya dapat tiba untuk menyerang penyerbu potensial dan membersihkan sel-sel mati.

Setelah cedera, gelombang kedua makrofag tiba sekitar 48 jam kemudian, yang tidak terlibat dalam fagositosis atau peradangan. Makrofag ini tidak merilis faktor untuk mendorong pertumbuhan jaringan, perbaikan, dan diferensiasi untuk membantu pulih dari kerusakan yang berhubungan dengan cedera. Komposisi yang tepat dari faktor ini belum diketahui, namun jaringan yang terluka ketika kekurangan makrofag cenderung lebih lambat sembuh.

Limfosit dan monosit keduanya adalah sel darah putih, mereka bersama-sama, membuat sebagian besar fungsi sistem kekebalan tubuh limfatik. Mereka adalah serupa dalam arti mereka berdua diklasifikasikan sebagai sel mononuklear, yang berarti bahwa inti mereka terbentuk dalam satu potong, tetapi berbeda dalam fungsi mereka dalam sistem kekebalan tubuh. Limfosit bertanggung jawab untuk respon kekebalan tubuh ketika penyerbu asing dikenali menyerang jaringan sehat karena mereka memiliki kemampuan

untuk membuat antibodi spesifik terhadap patogen. Monosit terlihat mirip dengan limfosit dalam banyak kasus, tetapi ketika monosit yang melakukan fungsi dengan unik sebagai makrofag, menelan dan mencerna penjajah yang diidentifikasi limfosit, mereka menjadi signifikan lebih besar dan tidak teratur bentuknya. Limfosit dan monosit juga menunjukkan karakteristik khas lain yang membantu untuk membedakan mereka di bawah mikroskop, seperti saat monosit membentuk "kaki" yang membantu mereka untuk bergerak cepat melalui limfatik dan sistem peredaran darah.



Gambar 10. Sel Darah Putih

Sel-sel darah putih berbeda dalam jumlah umum dalam tubuh juga. Dalam individu yang sehat, ada banyak limfosit daripada monosit. Limfosit membuat hingga 20 sampai 40 persen dari total jumlah sel darah putih orang dewasa yang sehat dan monosit hanya terdiri dari 1 sampai 6 persen dari volume total darah. Fakta ini dapat membantu pengamat untuk membaca sampel darah lebih cepat sel-sel mononuklear yang paling dapat diidentifikasi sebagai limfosit jika mereka tidak siap menunjukkan karakteristik dari makrofag. Anak-anak dapat diharapkan untuk memiliki rasio lebih tinggi dari limfosit daripada monosit karena tubuh mereka terus mencoba untuk membangun kekebalan terhadap agen infeksi baru yang diperoleh di lingkungan.

Berdasarkan pemantauan mikroskop, limfosit yang paling kecil, paling mudah dibedakan hampir bulat sempurna dan memiliki sitoplasma kebiruan. Ketika limfosit menemukan penyerang yang mereka kenal, mereka dapat tumbuh dalam ukuran, tetapi biasanya tetap serupa dalam komposisi. Bagaimanapun, dalam beberapa kasus, limfosit dapat menunjukkan perilaku seperti biasanya, seperti meregang dan menjadi bergelombang, kasus di mana mereka mungkin keliru untuk jenis sel yang berbeda. Sebagai perbandingan, monosit yang diamati seperti memiliki bentuk yang tidak teratur, aneh dan kadang-kadang muncul butiran jika mereka membentuk vakuola atau peralatan lainnya yang digunakan dalam kegiatan macrophagic umum. Inti dari monosit macrophagic mungkin terlihat "seperti-otak" karena cenderung melipat ke dalam dirinya sendiri dan membentuk convolutions (belitan).

Perbedaan yang paling signifikan antara limfosit dan monosit dapat dipahami dengan mempelajari siklus hidup mereka. Interleukin-7 (IL-7) bertanggung jawab atas sel darah putih meninggalkan sumsum tulang di mana mereka terbentuk. Mereka mulai menuruni jalan "limfoid", di mana diferensiasi lebih lanjut antara limfosit dan monosit terjadi. Misalnya, secara kimiawi, makrofag colony-stimulating factor (M-CSF) membantu beberapa sel mononuklear menjadi makrofag. Limfosit dirangsang oleh faktor-faktor lain dan berubah menjadi mekanisme sistem kekebalan tubuh utama pertahanan, sel B dan sel T.

Untuk membuktikan adanya proses pertahanan non spesifik yaitu keluarnya sekresi air mata, sekresi lendit atau pengeluaran benda asing dengan bersin , dapat kita lakukan kegiatan sebagai berikut :

1. Cari bunga atau benda yang mempunyai bau menyengat atau boleh juga ruangan yang berdebu atau yang ada benangsari
2. Dekatkan benda diatas dengan lubang hidung.
3. Reaksi apa yang akan anda alami?

Dari reaksi yang terjadi dapat kita simpulkan bahwa didalam saluran pernapasan terdapat mekanisme untuk menjaga supaya benda-benda yang tidak biasa dan ada potensi untuk menimbulkan ketidaknyamanan masuk kedalam saluran pernapasan. Mekanisme ini bersifat non spesifik, jadi berlaku untuk semua jenis benda yang berpotensi menimbulkan hal-hal diluar normal dan mengganggu fungsi normal organ tersebut.

c). Kekebalan Spesifik

Mikroorganisme yang masuk kedalam tubuh hewan selain menghadapi kekebalan non spesifik seperti sel fagfositik, respon peradangan dan protein antimikroba juga menghadapi sel limfosit yang merupakan benteng terakhir dalam system kekebalan. Limfosit merespon terhadap kontak dengan mikroba dengan cara membangkitkan respon kekebalan yang efisien dan selektif, bekerja diseluruh tubuh untuk mengeluarkan bibit penyakit. Tubuh hewan vertebrata mengandung dua jenis limfosit yaitu limfosit B (sel B) dan limfosit T (sel T). Kedua jenis limfosit ini bersirkulasi dalam darah dan limfa.

Limfosit memiliki sifat spesifisitas, artinya hanya mengenali dan merespon terhadap mikroba tertentu dan molekul asing Molekul asing yang menstimulir respon spesifik dari limfosit disebut antigen. Antigen bisa berupa virus, bakteri, fungi, protozoa dan parasit cacing. Molekul antigenic dapat ditemukan pula pada serbuk sari dan jaringan yang dicangkokkan.

Kedua sel tersebut yaitu sel T dan sel B mempunyai aktivitas pertahanan yang berbeda-beda tetapi saling melengkapi. Salah satu cara antigen menimbulkan respon kekebalan adalah dengan cara mengaktifkan sel B untuk mensekresi protein yang disebut antibodi. Antigen merupakan singkatan dari antibodi generator. Masing-masing antigen mempunyai bentuk molekuler khusus dan merangsang sel B untuk mensekresi antibodi yang bereaksi secara spesifik dengan antigen tersebut. Sel T dan sel B dapat

mengenali antigen spesifik karena adanya reseptor antigen yang terikat pada membran plasmanya.

Mikroorganisme yang masuk dalam tubuh hewan menghadapi banyak sel B dan sel T, tetapi mikroorganisme tersebut hanya berinteraksi dengan limfosit yang mengandung reseptor yang spesifik untuk berbagai molekul antigenic yang dimilikinya. Kemudian limfosit yang terseleksi ini akan diaktifkan untuk membelah dan berdiferensiasi dan akhirnya membentuk dua klon sel. Satu klon terdiri atas sejumlah sel efektor, yaitu sel yang berumur pendek yang melawan dan menyerang antigen yang sama . Klon yang lain terdiri atas sel memori, yaitu sel yang berumur panjang yang mengandung reseptor spesifik untuk antigen yang sama.

Perbanyakan dan diferensiasi limfosit secara selektif yang terjadi pertama kali tubuh terinfeksi suatu antigen disebut respon kekebalan primer. Dalam respon primer ini limfosit terseleksi akan membangkitkan respon sel efektor. Sel B dan sel T terseleksi akan membangkitkan secara berturut-turut sel efektor B yang menghasilkan antibodi yang disebut sel plasma dan sel efektor T. Pada saat sel efektor ini sedang berkembang , individu yang terserang organisme bisa menjadi sakit. Gejala sakit tersebut akan hilang ketika antibodi dan sel efektor T membersihkan antigen dari tubuh. Jika individu tersebut suatu waktu terserang antigen yang sama, respon yang dihasilkan akan lebih besar , lebih cepat dan bertahan lebih lama. Respon ini disebut respon kekebalan sekunder. Konsentrasi antibodi dalam serum darah akan lebih tinggi pada respon kekebalan sekunder daripada pada saat respon kekebalan primer. Selain itu afinitas antibodi yang dihasilkan dalam respon kekebalan sekunder lebih tinggi dari pada antibodi yang dihasilkan pada saat respon kekebalan primer. Kemampuan system kekebalan untuk membangkitkan respon kekebalan sekunder inilah yang menjadi dasar dalam memori immunologis.

Limfosit berasal dari sel induk pluripoten yang ada dalam sumsum tulang. Limfosit ini pada tahap awalnya tampak sama, kemudian berkembang menjadi sel T dan sel B, tergantung dimana sel tersebut melanjutkan proses pematangannya. Limfosit yang bermigrasi dari sumsum tulang ke timus akan berkembang menjadi sel T (berasal dari kata timus). Limfosit yang berada dalam sumsum tulang dan meneruskan proses pematangannya disana disebut sel B. B ini berasal dari kata Bursa Fabrisius, suatu organ unik pada unggas tempat sel B unggas mengalami pematangan dan tempat dimana sel limfosit B pertama kali ditemukan. Pada hewan ruminansia sel B berkembang dalam sumsum tulang, sehingga B bisa berarti pula "bone".

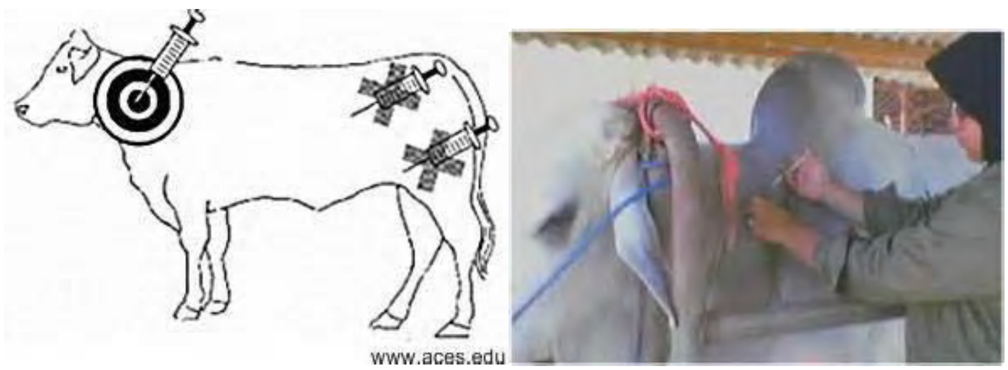
d). Respon Kekebalan

Sistem kekebalan dapat digolongkan dalam dua jenis respon yaitu respon humoral dan respon yang diperantarai sel. Kekebalan humoral melibatkan aktivasi sel B dan diikuti oleh produksi antibodi yang beredar didalam plasma darah dan limfa yang berupa cairan. Jenis kekebalan yang kedua adalah kekebalan yang diperantarai oleh sel, dalam hal ini adalah sel T. Antibodi sebagai respon humoral bekerja melawan bakteri, toksin dan virus yang ada dalam cairan tubuh. Sebaliknya sel T yang merupakan bagian dari respon yang diperantarai sel secara aktif melawan bakteri, virus, fungi, protozoa dan parasit cacing.

e). Vaksinasi

Kekebalan dapat dicapai secara alamiah akibat kesembuhan dari suatu penyakit infeksi yang disebut kekebalan aktif (*active immunity*). Kekebalan aktif dapat juga diperoleh akibat imunisasi atau vaksinasi. Vaksinasi merupakan usaha untuk merangsang timbulnya kekebalan pada individu hewan terhadap penyakit tertentu. Sedangkan pengertian vaksin adalah suatu produk biologi yang berisi sejumlah mikroorganisme sebagai suatu

penyebab suatu penyakit. Agen penyakit tersebut tidak mampu lagi menyebabkan penyakit, tetapi masih tetap mempertahankan kemampuan untuk bertindak sebagai antigen yang dapat merangsang suatu respon kekebalan dan yang paling penting merangsang memori imunologis. Hewan yang sudah divaksinasi , saat menghadapi patogen sesungguhnya akan mempunyai respon kekebalan sekunder yang cepat berdasarkan sel memori yang sama seperti hewan yang sebelumnya telah pernah terserang penyakit tersebut.



Gambar 11. Vaksinasi pada hewan ruminansia

Antibodi dapat dipindahkan dari satu individu ke individu lain, dan inilah yag disebut kekebalan pasif *(passive immunity*). Hal ini bisa terjadi secara alamiah ketika sedang menyusui anaknya , IgA akan disalurkan melalui air susu khususnya pada awal masa sekresi yang disebut kolustrum. Pemindahan kekebalan ini bisa juga terjadi lewat plasenta pada saat bunting dan juga lewat ovarium pada unggas. Kekebalan pasif ini hanya bertahan selama antibodi itu bekerja. Kekebalan pasif dapat juga dipindahkan secara buatan dengan menyuntikkan antibodi dari hewan yang telah kebal terhadap suatu penyakit terhadap hewan lain. Kekebalan ini hanya memberikan perlindungan jangka pendek. Tetapi kekebalan yang diberikan bersifat cepat.

Induk Ayam dengan antibodi NDV diturunkan pada turunannya melalui kuning telur dan antibodi tersebut akan bertahan sampai 4,5 hari setelah penetasan.

Tabel 2. Contoh proram vaksinasi.

UMUR(HARI)	VAKSINASI				APLIKASI
	Alt 1	Alt 2	Alt 3	Alt 4	
3–5	ND Lasota	ND Lasota	ND Lasota	ND Lasota	Tetes
	ND Lasota + IB	ND Lasota + IB	ND Lasota + IB	ND Lasota + IB	Tetes
	ND Viscerotropic	ND Viscerotropic	ND Viscerotropic	ND Viscerotropic	Spray
	-	-	ND Killed	ND Killed	Suntik
7	-	IBD Intermediate	-	IBD Intermediate	Minum
12–14	IBD Intermediate	IBD Intermediate	IBD Intermediate	IBD Intermediate	Minum
18–21	ND Lasota	ND Lasota	ND Lasota	ND Lasota	Minum

Vaksinasi umumnya dilakukan untuk mencegah serangan penyakit yang disebabkan virus. Vaksin dapat dibedakan menjadi dua jenis yaitu :

1). Virus hidup (Vaksin aktif) adalah vaksin yang berisi virus hidup yang telah dilemahkan, akan tumbuh dan berkembang biak didalam tubuh ternak.

2). Vaksin mati (Vaksin inaktif) adalah vaksin yang berisi virus atau bibit penyakit dalam keadaan mati.

Mikroorganisme dalam vaksin akan mati apabila disimpan pada suhu panas atau terkena sinar matahari langsung.

Program vaksinasi merupakan tindakan yang paling baik dalam rangka mencegah timbulnya penyakit. Vaksinasi merupakan garis pertahanan pertama yang paling utama di dalam melindungan hewan dari serangan penyakit. Namun demikian bukan berarti boleh mengabaikan manajemen pengelolaan kandang. Vaksinasi yang dilakukan dengan benar akan diperoleh hasil yang baik karena program vaksinasi yang dilakukan secara benar akan menjaga kondisi kesehatan hewan dengan cara pembentukan antibodi. Program vaksinasi berbeda-beda tergantung dari situasi kondisi di lingkungan peternakan tersebut. Peternakan yang satu bisa berbeda program vaksinasinya dengan peternakan yang lainnya. Demikian juga program vaksinasi pada unggas akan berbeda dengan program vaksinasi pada hewan ruminansia.

Ada beberapa hal penting yang perlu diperhatikan dalam vaksinasi, yaitu jenis vaksin, metode vaksinasi, dosis vaksin, jadwal vaksinasi, waktu pemberian vaksin, dan cara penyimpanan vaksin.

f). Sistem Kekebalan Tubuh Pada Unggas

Secara umum sistem kekebalan pada unggas tidak berbeda secara signifikan dengan sistem kekebalan pada manusia maupun mamalia. Unggas mempunyai dua organ limfoid primer, yaitu timus dan bursa Fabricius (BF). Bursa fabricius adalah organ limfoid primer yang berfungsi sebagai tempat pematangan dan diferensiasi bagi sel dari sistem pembentuk antibodi, sehinga sel ini disebut sel B. Bursa Fabricius ini berkembang pada saat ayam masih muda dan akan mengalami atropi pada saat unggas dewasa. Disamping itu bursa juga berfungsi sebagai organ limfoid sekunder . Anak ayam yang baru menetas memiliki antibodi asal induk yang diturunkan dari induknya. Antibodi yang diwariskan oleh induknya akan bertahan pada anaknya sampai beberapa hari setelah menetas .

Bibit penyakit atau antigen yang masuk ke dalam tubuh pertama kali akan dijerat sehingga dapat diketahui sebagai protein asing. Materi yang telah diketahui sebagai protein asing, kemudian oleh makrofag disampaikan ke sel limfosit melalui pembentukan berbagai sitokin ke sistem pembentuk antibodi atau ke sistem kebal berperantara sel. Sistem kebal ini akan menyimpan memori tentang kejadian ini sehingga pada bila ada bibit penyakit berikutnya dengan antigen yang sama, tanggapannya akan jauh lebih cepat dan lebih efisien .

Antibodi bekerja melalui dua cara yang berbeda untuk mempertahankan tubuh terhadap agen penyebab penyakit yaitu : (1) dengan cara langsung menginaktivasi agen penyebab penyakit, (2) dengan mengaktifkan sistem komplemen yang kemudian akan menghancurkan agen penyakit tersebut .

Sistem kekebalan pada unggas (*avian immune system*) terdiri atas T-lymphocytes yang merupakan komponen kekebalan seluler dan B-lymphocytes yang merupakan komponen kekebalan humoral . *Cell Mediated Immunity* (CMI) adalah sistem kekebalan (antibodi yang independent), dibawah kontrol thymus . CMI memberikan respon kekebalan awal saat infeksi, dan dapat dideteksi lebih awal pada 2-3 hari setelah vaksinasi dengan *live vaccines* . *Humoral Mediated Immunity* (Kekebalan Humoral) merupakan pertahanan menengah oleh sistem kekebalan seluler, yaitu (B-lymphocyte) dibawah kontrol bursa fabrisius. B-lymphocyte diaktifkan menjadi sel plasma (plasma cells) dan disekresikan dalam darah dan derivatnya dengan menghasilkan immunoglobulin IgM dan IgG. IgM dan IgG tersusun dalam proses perkembangan respon kekebalan humoral .

g). Vaksinasi pada Unggas :

Industri peternakan unggas saat ini (modern) menuntut tingkat produktifitas maksimal sehingga memaksa para ahli untuk menciptakan unggas dengan tingkat pertumbuhan daging atau produktifitas telur yang tinggi. Namun,

kondisi ini tidak diimbangi dengan perkembangan sistem kekebalan tubuh yang memenuhi syarat seiring digenjotnya produktifitas tersebut. Setiap unggas yang dipacu untuk berproduktifitas tinggi akan berakibat timbulnya kondisi stress, konsekuensinya adalah semua unggas modern dapat dipastikan mengalami tingkat stress yang tinggi. Bercermin dari situasi dan kondisi tersebut, tidak mengherankan apabila unggas (breeder, layer atau broiler) pada saat ini sangat mudah terserang penyakit atau sering mengalami kegagalan dalam pembentukan kekebalan/vaksinasi. Untuk menjawab tuntutan dan mengatasi kondisi yang tidak kondusif tersebut, diperlukan terobosan/inovasi baru agar industri unggas modern dapat mengatasi kerugian akibat kurang mampunya unggas memproduksi tingkat kekebalan yang protektif.

Secara umum, sistem kekebalan adalah suatu mekanisme makhluk hidup/hewan untuk melindungi dirinya dari benda asing yang bersifat patogen, sehingga tidak menimbulkan penyakit. Banyak faktor yang mempengaruhi tingkat kekebalan unggas, seperti status kesehatan, kualitas pakan, lingkungan dsb. Kekebalan dapat dibentuk dengan memasukkan kuman patogen secara terukur/terkendali, sehingga tubuh merespon untuk membentuk zat kebal yang dapat bersifat spesifik (bekerja terhadap agen patogen yang sama) ataupun non-spesifik (bekerja terhadap semua agen patogen).

Ketika patogen masuk ke dalam tubuh unggas, maka sel-sel makrofag, heterofil dan monosit akan memakannya, menguraikan serta menyajikannya berupa protein Antigen (*Ag*) dari sel patogen. Selanjutnya sel Limfosit-T akan membawa protein *Ag* tersebut menuju organ pembentuk antibodi (bursa fabricius, limpa dll) dan melalui zat interleukin maka disampaikan informasi agar organ-organ tersebut memproduksi zat kebal (antibodi). Antibodi bekerja secara spesifik, sesuai dengan jenis patogen yang ditangkap oleh makrofag (mekanisme kunci-gembok).

Salah satu cara yang popular saat ini untuk meningkatkan kekebalan adalah dengan pemberian vaksinasi. Namun, seiring peningkatan infeksi lapang dan tingkat kebutuhan industri unggas modern, dengan pemberian vaksinasi saja tidaklah mencukupi, karena vaksinasi hanya bertanggung jawab terhadap kekebalan spesifik. Secara sederhana, sistem kekebalan spesifik hanya dibutuhkan apabila sistem kekebalan non-spesifik tidak mampu memberikan perlindungan yang cukup. Selain itu, tingkat antibodi (kekebalan spesifik) yang dihasilkan sangat dipengaruhi oleh kondisi kesehatan unggas dan kesiapan sistem kekebalan non-spesifik dalam menunjang proses terbentuknya antibodi. Oleh karena itu, untuk dapat memaksimalkan sistem kekebalan unggas dapat dilakukan dengan cara melibatkan kedua sistem kekebalan yang ada, yaitu kekebalan spesifik dan non-spesifik agar dapat bekerja optimal dalam melindungi unggas dari infeksi patogen.

Program vaksinasi merupakan hal yang sangat penting dan harus diperhatikan di kalangan peternak ayam petelur. Mengapa? Seperti kita ketahui bersama, ayam petelur mempunyai jangka waktu hidup yang lebih lama dibandingkan dengan ayam pedaging yang notabene hanya 1 bulan dan langsung dipanen. Berbeda dengan ayam ras petelur termasuk ayam kampung petelur yang akan diafkir setelah 2 tahun. Oleh karenanya peternak wajib melakukan vaksinasi untuk menjaga kesehatan ayam sehingga kita dapatkan ayam layer yang sehat, mampu bertelur dalam rentang waktu sekitar 1-2 tahun dan menghasilkan telur yang berkualitas selama ayam dalam masa produktif .

Banyak di kalangan peternak yang berpikir bahwa vaksin merupakan biaya yang cukup mahal, sehingga sering seadanya atau bahkan ditiadakan sama sekali. Padahal jika vaksinasi dilakukan secara benar maka akan diperoleh hasil yang lebih baik dan tidak sebanding dengan biaya yang kita keluarkan karena program vaksinasi yang dilakukan secara benar akan menjaga kondisi kesehatan ayam dengan cara pembentukan antibodi.

Terdapat berbagai macam cara vaksinasi pada ternak ayam ras. Peternak dipersilahkan untuk memilih cara vaksinasi yang tepat dan sesuai dengan kondisi ayam, umur ayam, dan ketersediaan vaksinnya. Beberapa cara vaksinasinya adalah sebagai berikut :

1). Tetes Mata atau Hidung

Cara vaksinasi ini umumnya dilakukan pada ternak ayam yang masih berumur beberapa hari, misalnya 4 hari. Larutan vaksin yang digunakan dalam larutan dapar. Cara vaksinasi tetes mata dilakukan dengan cara memegang ayam dengan tangan kanan dan tangan kiri memegang botol vaksin. Botol vaksin jika sudah menghadap ke bawah, diusahakan jangan dibalik menghadap keatas lagi. Teteskan larutan vaksin pada salah satu mata satu tetes tiap ekor. Jika vaksin sudah masuk, ayam akan mengedipkan mata berkali-kali. Dalam pelaksanaannya misal kita meneteskan pada mata sebelah kanan, untuk ayam yang lainnya juga diteteskan pada mata sebelah kanan juga. Hal ini dilakukan untuk memudahkan identifikasi. Jika menggunakan tetes hidung, maka teteskan larutan vaksin pada salah satu hidung dan lubang yang lain ditutup. Jika vaksin sudah terhirup, kemudian ayam dilepaskan.

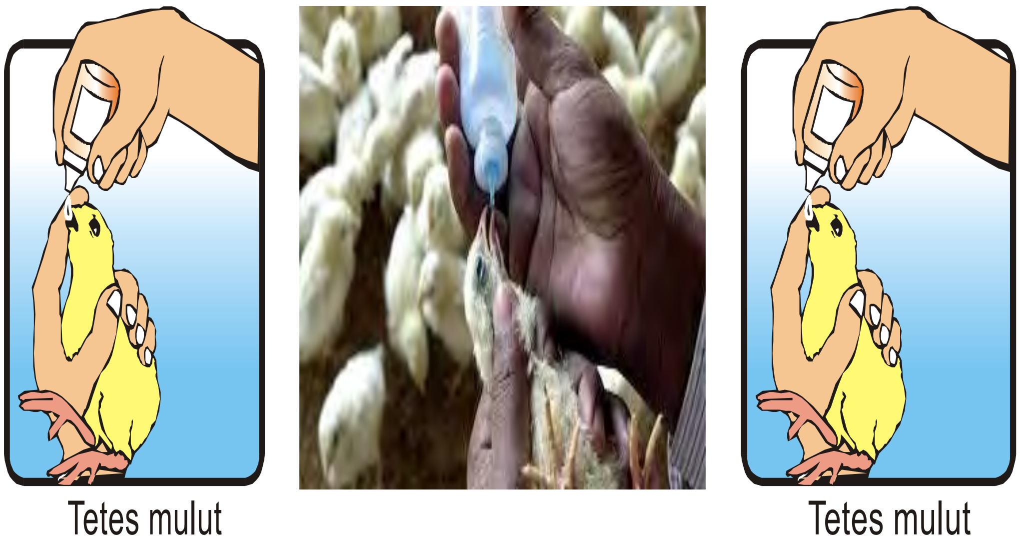


Gambar 12. Vaksinasi pada anak ayam

2). Tetes Mulut

Cara vaksinasi tetes mulut juga tidak jauh berbeda dengan vaksinasi tetes hidung maupun tetes mata. Tahap pertama yang dilakukan adalah

melarutkan larutan vaksin dengan larutan dapar, kemudian dikocok dan diusahakan tidak sampai berbuih. Larutan vaksin tersebut kemudian diteteskan pada mulut ayam satu tetes tiap ekor. Jika sudah masuk, kemudian ayam dilepaskan.



Gambar 13. Vaksinasi dengan Tetes Mulut

3). Air Minum

Vaksinasi menggunakan air minum merupakan vaksinasi yang dilakukan pada ayam dengan cara memuasakan minum ayam selama kurang lebih 2 jam. Jika suasana panas, maka waktu pemuasaan air minum dapat dipersingkat. Kemudian sediakan air minum dalam jumlah yang cukup sesuai dengan kebutuhan proses vaksinasi. Diusahakan air minum yang digunakan aquades. Cara pencampuran vaksin dilakukan sesuai dengan petunjuk vaksin yang dibeli. Kemudian jika vaksin sudah tercampur dengan air minum, larutan tersebut diberikan pada ternak sebagai vaksin air minum.



Gambar 14. Vaksinasi lewat Air Minum

4). Injeksi atau Suntikan

Cara vaksinasi injeksi atau suntikan dapat menggunakan vaksin aktif maupun vaksin inaktif. Vaksinasi ini menggunakan jarum yang telah disterilkan terlebih dahulu dengan cara direbus menggunakan air mendidih selama kurang lebih 30 menit. Kemudian cara vaksinasi dapat dilakukan intramuskuler (didalam otot), intravena (kedalam vena) atau subkutan (dibawah kulit).



Gambar 15. Vaksinasi dengan Suntikan intra muscular



Gambar 16. Vaksinasi dengan Suntikan subkutan

5). Tusuk Sayap atau Wing Web

Cara vaksinasi ini menggunakan alat khusus berupa jarum penusuk. Seperti biasa, jarum penusuk harus disterilkan terlebih dahulu dalam air mendidih selama kurang lebih 30 menit. Larutan vaksin yang akan digunakan dikocok dan diusahakan jangan sampai berbuih. Celupkan jarum penusuk kedalam larutan vaksin, kemudian tusukkan jarum pada sayam ayam yang telah direntangkan. Diusahakan menusuknya pada lipatan sayap yang tipis dan jangan sampai mengenai tulang, otot dan pembuluh darah.



Gambar 17. Vaksinasi dengan tusukan sayap (wing web)

6). Semprot atau Spray

Cara vaksinasi ini hampir sama dengan jika kita melakukan sanitasi kandang, yakni menggunakan alat semprot (sprayer). Diusahakan sprayer untuk vaksinasi khusus dilakukan untuk vaksinasi saja. Campurkan vaksin dengan aquades kedalam sprayer yang memang steril dan bebas karat. Larutan vaksin disemprotkan ke seluruh ayam dengan jarak 30-40 cm dari atas kepala ayam. Selang 30 menit kemudian, kandang dapat dibuka kembali dan kipas dapat dinyalakan lagi.



Gambar 18. Vaksinasi secara semprot atau spray

Jenis vaksin pada unggas :

1). Vaksin Marek

Vaksin ini digunakan untuk mencegah penyakit Marek dan diberikan secara subcutan atau intramuskular pada DOC. Biasanya vaksin ini sudah dilakukan oleh breeder. Menurut literature vaksinasi dilakukan dengan injeksi subcutan di bawah kulit leher.

2). Vaksin ND + IB

Vaksin ini digunakan untuk mencegah penyakit Newcastle Disease dan Infectious Bronchitis. Cara pemberian vaksin ini ada 2 cara yaitu dengan tetes mata dan suntik injeksi intramuskular pada bagian dada. Perbedaan metode vaksin ini dikarenakan perbedaan umur ayam yang akan divaksin.

3). Vaksin IB

Vaksin IB digunakan untuk menimbulkan kekebalan ayam terhadap Infectious Bronchitis. Pemberian vaksin ini sangat mudah yaitu dengan mencampurkannya dalam air minum.

4). Vaksin ND

Pemberian vaksin ini bertujuan mencegah timbulnya penyakit Newcastle Disease pada unggas. Vaksin ini juga dilakukan dengan 3 cara yaitu dengan pemberian tetes mata, metode injeksi subcutan dan injeksi intramuskuler pada dada.

5). Vaksin Cocci

Vaksin Cocci ini sangat mahal harganya, sehingga kadangkala banyak peternak yang melewati vaksin ini karena dalam beberapa pakan ayam jadipun sudah mengandung koksidiostat. Cara pemberian vaksin ini terdapat 2 kategori ada yang menggunakannya melalui air minum dan ada juga yang menyemprotkannya ke pakan.

6). Vaksin Gumboro

Vaksin gumboro juga diberikan pada air minum.

7). Vaksin Coryza

Vaksin coryza ini digunakan untuk mencegah timbulnya wabah Snot atau Coryza. Cara pemberian vaksin ini dilakukan dengan injeksi intramuskuler pada dada atau paha.

8). Vaksin Fowl Pox/Cacar

Vaksinasi cacar ini sangat berbeda dengan vaksin-vaksin lainnya. Pemberian vaksin ini dilakukan dengan metode tusuk sayap. Vaksin ini dikemas dalam satu vial berbentuk cairan emulsi.

Petunjuk pemakaian dan dosisnya sebagai berikut :

a. Kocok vaksin sampai emulsinya menjadi rata (homogen) sebelum dipakai.
b. Bentangkan sayap ayam sedemikian rupa sehingga "wingweb"nya terlihat jelas.
c. Celupkan jarum yang tersedia ke dalam vaksin
d. Tusuk wingweb dengan jarum tersebut hingga tembus.
e. Satu dosis vaksin setara dengan 0,01 ml
f. Vaksinasi dilakukan pada ayam umur 4-7 minggu dan dapat diulang pada umur 8-12 minggu.
g. Lima sampai tujuh hari setelah vakinasi akan terjadi kekebalan ditandai dengan terbentuknya sarang pox. Sarang pox akan mengecil dan menghilang setelah 21 hari.

9). Vaksin ILT

Vaksinasi ILT bertujuan untuk membentuk kekebalan tubuh ayam terhadap terjadinya infeksi pada saluran laringotracheal. Cara pemberian vaksin ini adalah tetes mata, tetes hidung dan pemberian pada air minum.

10). Vaksin EDS

Vaksin ini selain merupakan booster untuk ND dan IB, vaksin ini juga digunakan untuk mencegah terjadinya Egg Drop Syndrom pada ayam layer. Vaksinasi ini dilakukan dengan melakukan injeksi intramuskuler pada dada.

11). Vaksin AI

Vaksinasi ini mulai merebak setahun belakangan ini akibat adanya kasus flu burung yang melanda Thailand, China dan Malaysia. Di beberapa wilayah Indonesia juga terjangkit wabah flu burung. Penyakit ini juga membuat kerugian yang sangat luar biasa karena seluruh ayam yang terkena harus dimusnahkan. Namun, flu burung ini dapat ditanggulangi dengan melakukan vaksinasi sejak dini yaitu

melakukan vaksinasi pada anak-anak ayam atau pada ayam dewasa agar terbentuk kekebalan tubuh terhadap serangan flu burung yang dicurigai disebarkan melalui burung-burung liar yang melakukan migrasi. Vaksin ini dilakukan dengan dua cara yaitu dengan injeksi subcutan dan injeksi intramuskuler pada otot dada. Perbedaan ini didasari oleh umur ayam yang akan dilakukan vaksinasi. VAKSIFLU AIÒ adalah vaksin inaktif yang dibuat dari virus Avian Influenza (AI) isolat lapangan (autovaksin) subtipe H5N1.

Tabel 3. Program Vaksinasi Unggas

Program Vaksinasi		
1. Ayam pedaging (broiler)		
Umur Ayam	**Jenis Vaksin**	**Cara Vaksinasi**
4-7 hari	Vaksiflu AI	Di bawah kulit pada pangkal leher sebanyak 0,2 ml
2. Ayam Petelur (layer) atau Breeder		
Umur Ayam	**Jenis Vaksin**	**Cara Vaksinasi**
4-7 hari	Vaksiflu AI	Di bawah kulit pada pangkal leher sebanyak 0,2 ml
3-4 minggu	Vaksiflu AI	Di bawah kulit pada pangkal leher sebanyak 0,5 ml
Setiap 3-4 bulan	Vaksiflu AI	Suntik otot dada 0,5 ml

Kekebalan dapat diperoleh apabila vaksinasi diberikan dalam kondisi yang optimal. Untuk keperluan ini perlu memperhatikan hal-hal sebagai berikut:

a. Vaksin harus dirawat dan disimpan secara baik sesuai dengan petunjuk.

b. Ternak yang divaksin harus sehat dan sesuai dengan jenis vaksin yang digunakan
c. Ternak cukup terpenuhi kebutuhan nutrisinya
d. Bebas dari penyakit parasit atau penyakit yang yang dapat menurunkan daya kebal tubuh
e. Keadaan sanitasi lingkungan baik dan tidak berdekatan dengan ternak lain yang sakit
f. Pelaksanaan vaksinasi dilakukan secara baik dan dalam kurun waktu dan umur yang tepat.

Apabila kegagalan vaksinasi terjadi, paramedis harus segera menghubungi dokter hewan untuk melakukan analisis kegagalan vaksinasi. Dokter hewan akan menentukan apakah vaksinasi ulang perlu dilakukan.

Untuk mengetahui keberhasilan vaksinasi dapat dilakukan pengukuran (*titer*) antibodi pada ternak yang telah divaksin antara 2-3 minggu setelah pelaksanaan vaksinasi, dengan cara mengirimkan serum darah ke Laboratorium Penyidikan Penyakit Hewan.

Kelainan Sistem Kekebalan Tubuh

Sistem kekebalan tubuh dapat tidak berfungsi jika sistem ini bereaksi dengan molekul asing dengan berlebihan. Beberapa contoh di antaranya alergi, autoimunitas, dan AIDS.

1) Kelainan Sistem Kekebalan Tubuh berupa Alergi

Reaksi alergi juga disebut **anaphylaxis** atau sensitivitas berlebihan terhadap suatu hal. Anda mungkin pernah merasakan hal ini. Sebagian orang alergi terhadap bulu, debu, makanan laut, gigitan serangga, polen (serbuk sari) dan lain sebagainya. Bentuk reaksinya bisa bermacam-macam, dari mulai bersin, gatal-gatal, pusing, muntah dan diare, bahkan hingga kesulitan bernapas dan kematian .

Reaksi alergi pertama kali ditemukan pada tahun 1902 oleh **Paul Portier** dan **Charles Richet**, ketika mereka menyuntikkan protein dari anemon pada seekor anjing. Ketika mereka menyuntikkan protein yang sama dengan dosis yang lebih banyak, anjing percobaan mereka menunjukkan gejala *anaphylaxis* (hipersensitif terhadap antigen), hingga akhirnya mati.

Pada awalnya, tidak ada tanda-tanda penolakan apapun pada tubuh ketika protein asing masuk ke dalam tubuh. Pada tahap ini tubuh mengembangkan imunoglobin (biasanya dari kelas IgE).

Ketika protein dari jenis yang sama memasuki tubuh untuk ke dua kalinya, IgE bereaksi dengan berikatan pada antigen pada permukaan membran *mast cell*. Reaksi ini mendorong *mast cell* menyekresikan histamin. Histamin dalam jumlah besar inilah yang menyebabkan berbagai reaksi alergi. Misalnya saja jika reaksi alergi terjadi pada saluran pernapasan, histamin akan ditangkap oleh sel-sel otot polos pada rongga pernapasan, yang diikuti dengan berkontraksinya otot-otot tersebut sehingga terjadi penyempitan saluran pernapasan. Histamin juga mengakibatkan vasodilatasi, kapiler darah menjadi lebih permeabel, dan tekanan darah turun. Hal ini mengakibatkan jaringan membengkak.

2) Kelainan Sistem Kekebalan Tubuh Autoimunitas

Autoimunitas merupakan suatu keadaan sistem kekebalan tubuh membentuk antibodi untuk menyerang sel tubuh yang lain, memperlakukannya seolah-olah bukan bagian dari tubuh. Sel limfosit T, karena suatu hal menyerang sel tubuh sendiri. Kemungkinan penyebab abnormalitas ini bermacam-macam. Beberapa kemungkinan ditemukan. Di antaranya adalah infeksi virus pada masa pra natal (sebelum lahir) yang menyerang sistem kekebalan tubuh. Kemungkinan lainnya adalah ketidakmatangan (*immature*) sel-sel yang memproses limfosit T di kelenjar thymus.

Pada percobaan tikus yang menderita autoimunitas, ditemukan bahwa sel yang tidak matang tersebut, mengalami mutasi. Banyak jenis abnormalitas yang menyangkut autoimunitas ini.

3) Penyakit Gumboro

Penyakit gumboro atau yang dikenal dengan Infectious Bursal Disease merupakan penyakit pada unggas yang disebabkan oleh virus. Virus penyakit ini akan menyerang system kekebalan dengan merusak organ penghasil system kekebalan yaitu Bursa Fabrisius. Dengan rusaknya organ ini maka system kekebalan pada unggas tersebut menjadi kurang sehingga akan dengan mudah terjadi infeksi ikutan akibat masuknya bibit penyakit lainnya.

MENANYA :

Berdasarkan hasil pengamatan yang telah Anda lakukan, dan untuk meningkatkan pemahaman Anda tentang system pertahanan/kekebalan tubuh baik pada ruminansia maupun non ruminansia buatlah minimal 3 pertanyaan dan lakukan diskusi kelompok tentang :

1. Organ yang berkaitan dengan system pertahanan/kekebalan tubuh baik pada ruminansia maupun non ruminansia
2. Faktor-faktor yang mempengaruhi system pertahanan/kekebalan tubuh baik pada ruminansia maupun non ruminansia

MENGUMPULKAN INFORMASI / MENCOBA :

1. Cari informasi dari berbagai sumber (internet, modul, buku–buku referensi, serta sumber–sumber lain yang relevan) tentang system pertahanan/kekebalan tubuh baik pada ruminansia maupun non ruminansia !
2. Lakukan pengamatan aktivitas yang berkaitan dengan system pertahanan/kekebalan tubuh baik pada ruminansia maupun non ruminansia dengan menggunakan lembar kerja sebagai berikut :

Lembar Kerja 1 : Mencari informasi Implementasi Sistem kekebalan Hewan

Langkah kerja :

1. Membagi kelas dalam kelompok yang terdiri atas 4 orang per kelompok.
2. Lakukan kunjungan pada peternakan didekat lokasi sekolah
3. Dalam kunjungan tersebut carilah informasi tentang pelaksanaan vaksinasi pada peternakan tersebut yang meliputi :
   a. Umur hewan
   b. Vaksin yang digunakan
   c. Metode pelaksanaan vaksin
   d. Penyakit yang sering timbul
   e. Petugas vaksin
   f. Program vaksinasi
4. Dari data yang diperoleh diskusikan dalam kelompok, lakukan analisis terhadap data yang ada. Analisis dapat menggunakan format berikut:

Hasil Pengamatan :

No	Pernyataan	Alasan	Keterangan
1	Pemilihan pelaksanaan vaksinasi pada umur tersebut		
2	Memilih jenis vaksin ….		
3	Metode pelaksanaan vaksinasi adalah …..		
4	Penyakit yang sering timbul………		
5	Petugas vaksinasi adalah……..		
6	Program vaksinasi yang dipilih adalah…….		

Lembar Kerja 2 : Menyusun Program Vaksinasi

Langkah kerja :

1. Membagi kelas dalam kelompok yang terdiri atas 4 orang per kelompok.
2. Lakukan kunjungan pada peternakan dilokasi sekolah
3. Dalam kunjungan tersebut carilah informasi tentang pelaksanaan teaching farm ayam broiler dan ayam petelur yang ada disekolah tentang :
    a. Kapan akan dimulai pemeliharaan
    b. Vaksin yang biasa digunakan
    c. Metode pelaksanaan vaksin
    d. Penyakit yang sering timbul

4. Dari data yang diperoleh diskusikan dalam kelompok untuk melakukan penyusunan program vaksinasi ayam broiler dan ayam petelur tersebut.

Lembar Hasil Diskusi :

No	Hasil Diskusi	Keterangan
1	Program Vaksinasi Ayam Brolier	
2	Program Vaksinasi Ayam Petelur	

Lembar Kerja 3 : Melakukan Vaksinasi

Langkah kerja :

1. Membagi kelas dalam kelompok yang terdiri atas 4 orang per kelompok.
2. Lakukan vaksinasi ayam broiler sesuai dengan program yang telah disetujui oleh pembimbing.
3. Dalam pelaksanaan vaksinasi lakukan hal-hal sebagai berikut :
   a. Persiapkan alat dan bahan yang digunakan : vaksin, pelarut, alat suntik.
   b. Ambil 1 box doc yang telah disiapkan.
   c. Lakukan vaksin dengan cara tetes mata terlebih dahulu
   d. Kemudian diikuti dengan vaksinasi metode suntikan subkutan
   e. Lakukan terhadap semua doc yang telah disediakan.
   f. Pastikan bahwa vaksin telah masuk ke mata dengan mengecek lidah doc.
   g. Pastikan bahwa suntikan benar dengan melakukan cek apakah bulu didaerah suntikan basah atau tidak.

4. 4. Setelah selesai alat dibersihkan dan bekas vaksin ditangani sesuai dengan prosedur yang ada.

MENGKOMUNIKASIKAN :

Berdasarkan hasil pengamatan, pengumpulan informasi dan identifikasi serta asosiasi yang telah Anda lakukan :

1. Buatlah laporan tertulis secara individu!
2. Buatlah bahan presentasi dan presentasikan di depan kelas secara kelompok!

3. Refleksi

Setelah Anda mempelajari materi system pertahanan/kekebalan pada hewan ruminansia dan hewan non ruminansia, harap jawab pertanyaan-pertanyaan sebagai berikut:

a. Pertanyaan:

   Hal-hal apa saja yang dapat Anda lakukan tekait dengan materi materi system pertahanan/kekebalan pada hewan ruminansia dan hewan non ruminansia?

   Jawaban:

b. Pertanyaan:

   Pengalaman baru apa yang Anda peroleh dari materi materi system pertahanan/kekebalan pada hewan ruminansia dan hewan non ruminansia?

   Jawaban:

c. Pertanyaan:

Manfaat apa saja yang Anda peroleh dari materi materi system pertahanan/kekebalan pada hewan ruminansia dan hewan non ruminansia?

Jawaban:

d. Pertanyaan:

Aspek menarik apa saja yang Anda temukan dalam materi materi system pertahanan/kekebalan pada hewan ruminansia dan hewan non ruminansia?

Jawaban:

4. Tugas

1. Buatlah kliping sistem pertahanan/kekebalan hewan ruminansia dan non ruminansia!
2. Lakukan observasi (pengamatan) terhadap sistem pertahanan/kekebalan hewan ruminansia dan non ruminansia dengan cara :

    a. Membaca uraian materi pada buku teks ini tentang sistem pertahanan/kekebalan ruminansia dan non ruminansia
    b. Mencari informasi di lokasi setempat yang berkaitan sistem pertahanan/kekebalan ruminansia dan non ruminansia
    c. Mengamati suatu proses yang berkaitan sistem pertahanan/kekebalan ruminansia dan non ruminansia

3. Buatlah minimal 2 pertanyaan terhadap hal-hal yang belum Anda pahami atau perlu penjelasan dari hasil observasi yang berkaitan sistem syaraf ruminansia dan non ruminansia
4. Susunlah program vaksinasi untuk pemeliharaan ayam broiler yang akan dipanen umur 35 hari!
5. Susun program vaksinasi untuk pemeliharaan ayam petelur!

5. Tes Formatif

Pilihlah salah satu jawaban yang benar dengan cara memberi tanda silang pada huruf didepan jawaban yang anda pilih.

1. Vaksinasi adalah proses untuk :
   a. Merangsang pembentukan zat kebal
   b. Memberikan zat kebal
   c. Memasukkan bibit penyakit
   d. Memasukkan serum
2. Sistem kekebalan pada hewan terdiri atas
   a. CMI
   b. HMI
   c. Sel T dan sel B
   d. Kekebalan spesifik dan non spesifik
3. Pada respon kekebalan sekunder , kekebalan yang diperlihatkan akan
   a. lebih sedikit
   b. lebih besar dan lebih lama
   c. sama dengan sebelumnya
   d. tidak ada hubungan dengan yang pertama
4. Penyebab jawaban no 4 tersebut diatas adalah karena adanya :
   a. sel B
   b. sel T
   c. sel mast
   d. sel memori
5. Pada hewan ruminansia sel B dan sel T dihasilkan oleh :
   a. tulang panjang dan timus
   b. bursa fabricius dan timus
   c. sumsum tulang
   d. hati

6. Tubuh dapat mengingat dan mengenali antigen yang menyerang sebelumnya, karena tubuh mempunyai sel-sel khusus yang bertugas untuk itu, yaitu . . . .
    a. sel-sel epitel
    b. sel-sel darah
    c. sel-sel saraf
    d. sel-sel memori
7. Pada Unggas dewasa pematangan sel B dilakukan di
    a. Bursa Fabricius
    b. Tulang panjang
    c. Timus
    d. Kelenjar Herderian
8. Proses pertahanan tubuh pertama dilakukan oleh
    a. Sel darah putih
    b. Sel B dan sel T
    c. Antibody
    d. Kulit dan selaput lendir
9. Kekebalan dapat dipindahkan dari induk ke anaknya disebut
    a. Kekebalan aktif
    b. Kekebalan pasif
    c. Immunisasi
    d. Kekebalan transovarial
10. Limfosit berbeda dengan sel darah putih yang lain karena
    a. Limfosit bersifat spesifik
    b. Limfosit bisa menjadi macrofaga
    c. Limfosit tidak dihasilkan di tulang panjang
    d. Limfosit melakukan fagositosis

C. PENILAIAN

1. Penilaian Sikap

Anda diminta untuk melakukan penilaian diri. Penilaian ini dilakukan cara sebagai berikut :

1) Bacalah pernyataan yang ada di dalam kolom dengan teliti
2) berilah tanda cek (√) sesuai dengan sesuai dengan kondisi dan keadaan kalian sehari-hari

a) Sikap Spiritual

	Aspek Pengamatan	Skor			
		1	2	3	4
1	Berdoa sebelum dan sesudah melakukan sesuatu				
2	Mengucapkan rasa syukur atas karunia Tuhan				
3	Memberi salam sebelum dan sesudah menyampaikan pendapat/presentasi				
4	Mengungkapakan kekaguman secara lisan maupun tulisan terhadap Tuhan saat melihat kebesaran Tuhan				
5	Merasakan keberadaan dan kebesaran Tuhan saat mempelajari ilmu pengetahuan				
Jumlah Skor					

b) Sikap Jujur

No	Aspek Pengamatan	Skor			
		1	2	3	4
1	Tidak nyontek dalam mengerjakan ujian/ulangan/tugas				
2	Tidak melakukan plagiat (mengambil/menyalin karya orang lain tanpa menyebutkan sumber) dalam mengerjakan setiap tugas				
3	Mengungkapkan perasaan terhadap sesuatu apa adanya				
4	Melaporkan data atau informasi apa adanya				
5	Mengakui kesalahan atau kekurangan yang dimiliki				
Jumlah Skor					

c) Sikap Disiplin

No	Sikap yang diamati	Melakukan	
		Ya	Tidak
1	Masuk kelas tepat waktu		
2	Mengumpulkan tugas tepat waktu		
3	Memakai seragam sesuai tata tertib		
4	Mengerjakan tugas yang diberikan		
5	Tertib dalam mengikuti pembelajaran		
6	Mengikuti praktikum sesuai dengan langkah yang ditetapkan		
7	Membawa buku tulis sesuai mata pelajaran		
8	Membawa buku teks mata pelajaran		
Jumlah			

2. Penilaian Pengetahuan

Pilihlah salah satu jawaban yang benar dengan cara memberi tanda silang pada huruf didepan jawaban yang anda pilih.

1. Vaksinasi adalah proses untuk :
   a. Merangsang pembentukan zat kebal
   b. Memberikan zat kebal
   c. Memasukkan bibit penyakit
   d. Memasukkan serum
2. Sistem kekebalan pada hewan terdiri atas
   a. CMI
   b. HMI
   c. Sel T dan sel B
   d. Kekebalan spesifik dan non spesifik
3. Pada respon kekebalan sekunder , kekebalan yang diperlihatkan akan
   a. lebih sedikit
   b. lebih besar dan lebih lama
   c. sama dengan sebelumnya
   d. tidak ada hubungan dengan yang pertama
4. Penyebab jawaban no 4 tersebut diatas adalah karena adanya :
   a. sel B
   b. sel T
   c. sel mast
   d. sel memori
5. Pada hewan ruminansia sel B dan sel T dihasilkan oleh :
   a. tulang panjang dan timus
   b. bursa fabricius dan timus
   c. sumsum tulang
   d. hati

6. Pada ayam broiler pelaksanaan vaksinasi biasanya dikombinasikan dengan cara :
    a. Tetes mata dan tetes hidung
    b. Tetes mata dan wing web
    c. tetes mata dan suntikan intra muskular
    d. Tetes mata dan suntikan sub kutan
7. Pada Unggas dewasa pematangan sel B dilakukan di
    a. Bursa Fabricius
    b. Tulang panjang
    c. Timus
    d. Kelenjar Herderian
8. Proses pertahanan tubuh pertama dilakukan oleh
    a. Sel darah putih
    b. Sel B dan sel T
    c. Antibody
    d. Kulit dan selaput lendir
9. Kekebalan dapat dipindahkan dari induk ke anaknya disebut
    a. Kekebalan aktif
    b. Kekebalan pasif
    c. Immunisasi
    d. Kekebalan transovarial
10. Limfosit berbeda dengan sel darah putih yang lain karena
    a. Limfosit bersifat spesifik
    b. Limfosit bisa menjadi macrofaga
    c. Limfosit tidak dihasilkan di tulang panjang
    d. Limfosit melakukan fagositosis

3. Penilaian Ketrampilan

Untuk penilaian ketrampilan dilakukan dengan memberikan tanda "√" pada kolom "Ya" bila jawaban anda sesuai dan pada kolom "Tidak" bila jawaban tidak sesuai dengan kriteria.

1. Buat desain program vaksinasi pada ayam petelur

No.	**Pernyataan**	**Kesesuaian**		**Keterangan**
		Ya	**Tidak**	
1	Desain disampaikan secara jelas dan sistemik			Ketrampilan komunikasi
2	Urutan tahapan desain disampaikan dengan sekuensi yang benar			Ketrampilan komunikasi
3	Penjelasan setiap tahapan desain disampaikan dengan benar			Kebenaran materi
4	Desain dapat diterapkan			
5	Ada peluang untuk evaluasi desain			

2. Lakukan vaksinasi ND terhadap 100 ekor anak ayam secara tetes mata dan subkutan

No	**Pernyataan**	**Kesesuaian**		**Keterangan**
		Ya	**Tidak**	
1	Alat dan bahan disiapkan dengan benar			
2	Dosis vaksinasi ditentukan dengan benar			
3	Tahapan pelarutan vaksin dilakukan dengan benar			
4	Cara memegang doc dilakukan dengan benar			

No	Pernyataan	Kesesuaian		Keterangan
		Ya	Tidak	
5	Cara membuka mata doc dilakukan dengan benar			
6	Cara meneteskan vaksin dilakukan dengan benar			
7	Cara menusukkan jarum dilakukan dengan benar			
8	Cara menekan alat suntik dilakukan dengan benar			
9	Penanganan bekas wadah dan sisa vaksin dilakukan dengan benar			
10	Penanganan doc dilakukan dengan benar (tidak menimbulkan stress)			

Kegiatan Pembelajaran 3. Sistem Perkemihan

A. Deskripsi

Kegiatan Belajar 1 mempelajari tentang system perkemihan baik pada ruminansia maupun non ruminansia yang mencakup hewan monogastrik dan unggas.

B. Kegiatan Belajar

1. Tujuan Pembelajaran

a. Peserta didik dapat menalar system perkemihan hewan ruminansia
b. Peserta didik dapat menalar system perkemihan hewan non ruminansia

Alokasi Waktu : Waktu Pembelajaran :16 JP (4 JP x 4 minggu)

2. Uraian Materi

MENGAMATI / OBSERVASI :

Lakukan pengamatan terhadap organ reproduksi hewan ruminansia dan non ruminansia dengan cara :

1. Membaca uraian materi tentang system perkemihan baik pada ruminansia maupun non ruminansia
2. Mencari informasi di lokasi setempat tentang system perkemihan baik pada ruminansia maupun non ruminansia
3. Mengamati suatu proses yang berkaitan dengan system perkemihan baik pada ruminansia maupun non ruminansia

a). Pendahuluan

Untuk memenuhi kebutuhan akan energi, hewan melakukan berbagai reaksi metabolism. Tubuh hewan melakukan begitu banyak proses metabolisme, seperti pencernaan, respirasi dan sebagainya. Reaksi metabolisme ini

diperlukan untuk menghasilkan energi dan zat bermanfaat lainnya. Selain itu proses itu pada akhirnya akan menghasilkan limbah yang jika tidak dikeluarkan akan menyebabkan penyakit. Limbah yang dihasilkan beraneka ragam bentuknya, mulai dari gas, cair, sampai padat. Untuk itu, hewan memerlukan organ pengeluaran yang berbeda-beda pula. Proses pembebasan sisa-sisa metabolisme dari tubuh disebut ekskresi.

Kelebihan air, garam-garam dan material-material organik (termasuk sisa-sisa metabolisme) diekskresikan keluar tetapi zat yang esensial untuk fungsi-fungsi tubuh akan diserap kembali. Material-material yang dikeluarkan ini biasanya terdapat dalam bentuk terlarut dan ekskresinya melalui suatu proses filterisasi selektif. Alat-alat tubuh yang berfungsi untuk mengeluarkan sisa metobolisme disebut sistem ekskresi. Sistem sekresi pada vertebrata baik pada ruminansia maupun non ruminansia memiliki banyak kesamaan. Pengeluaran pada hewan vertebrata dilakukan oleh ginjal, kulit dan saluran pernapasan. Ginjal terdiri atas sejumlah besar nefron , yang merupakan organ fungsional terkecil yang berfungsi sebagai alat pengeluaran utama pada vertebrata.

Hewan juga melakukan metabolisme untuk melakukan aktifitas kehidupan. Metabolisme menghasilkan zat yang harus diekskresikan dari tubuh. Setiap hewan memiliki cara yang berbeda untuk mengekskresikan sisa metabolisme. Pada hewan invertebrata belum terdapat sistem ekskresi. Akan tetapi, sisa-sisa metabolisme harus dikeluarkan dari dalam tubuh organisme. Untuk itu, hewan invertebrata memiliki alat dan cara ekskresi tersendiri.

Alat ekskresi yang utama pada vertebrata adalah ginjal (ren). Struktur ginjal yang paling primitif pada vertebrata disebut akrinefros atau holonefros. Pada prinsipnya, terdapat tiga tipe ginjal pada vertebrata, yaitu pronefros, mesonefros, dan metanefros. Pronefros adalah ginjal yang berkembang pada fase embrio vertebrata selain mamalia, embrio berudu dan larva amphibia yang lain.

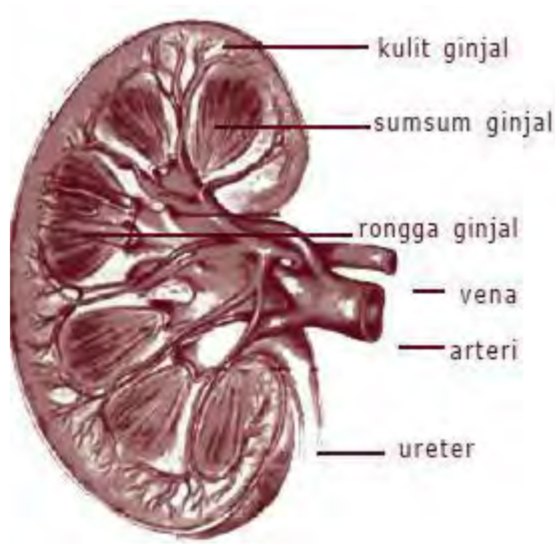
Sistem Ekskresi pada Hewan Vertebrata terdiri atas beberapa tipe ginjal. Di antaranya adalah pronefros, mesonefros, dan metanefros. Pronefros adalah tipe ginjal yang berkembang pada fase embrio atau larva. Pada tahap selanjutnya, ginjal pronefros digantikan oleh tipe ginjal mesonefros. Ketika hewan dewasa, ginjal mesonefros digantikan oleh ginjal metanefros. Pada Mammalia, Reptilia, dan Aves tipe ginjal yang dimiliki adalah mesonefros. Namun, setelah dewasa mesonefros akan diganti oleh metanefros.

b). Ginjal

Ginjal merupakan organ yang menyaring plasma dan unsur -unsur plasma dari darah dan kemudian secara selektif menyerap kembali air dan unsur - unsur berguna yang kembali dari filtrate., yang selanjutnya mengeluarkan kelebihan dan produk buangan plasma. Bentuk ginjal pada semua hewan hampir sama yaitu menyerupai kacang kecuali ginjal sapi yang mempunyai lobul-lobul dan pada kuda yang ginjalnya menyerupai bentuk jantung.

Pada hewan ginjal kiri mempunyai pertautan yang lebih longgar daripada ginjal yang kanan, dengan demikian arteri dan vena renal sebelah kiri lebih panjang daripada pembuluh darah sebelah kanan. Ginjal vertebrata membentuk urine melalui proses filtrasi, reabsorbsi dan sekresi. Pada proses pembentukan urine cairan pada tubulus proksimal masih sama seperti plasma yang dihilangkan proteinnya. Pada tubulus proksimal berlangsung reabsorbsi berbagai zat yang masih berguna bagi tubuh dan sekresi urea ke urin. Reabsorbsi dan sekresi berjalan terus hingga terbentuk urin yang pekat. Pada beberapa hewan mamalia reabsorbsi ini dipengaruhi oleh hormone ADH (Antidiuretic hormone). ADH ini berfungsi meningkatkan permeabilitas membran sel pada tubulus ginjal sehingga jumlah air yang direabsorbsi meningkat. Dengan demikian apabila jumlah ADH tinggi maka urin yang terbentuk semakin berkurang.

Unggas memiliki ginjal dengan tipe metanefros. Unggas tidak memiliki kandung kemih sehingga urin dan fesesnya bersatu dan keluar melalui lubang kloaka. Urine pada unggas diekskresikan dalam bentuk asam urat. Metabolisme unggas sangat cepat. Dengan demikian, sistem ekskresi juga harus memiliki dinamika yang sangat tinggi. Peningkatan efektivitas ini terlihat pada jumlah nefron yang dimiliki oleh ginjal unggas. Setiap 1 mm^3 ginjal unggas, terdapat 100–500 nefron. Jumlah tersebut hampir 100 kali lipat jumlah nefron pada manusia. Jenis unggas laut juga memiliki kelenjar ekskresi garam yang bermuara pada ujung matanya. Hal tersebut untuk mengimbangi pola makannya yang memangsa ikan laut dengan kadar garam tinggi.



Gambar 19. Potongan melintang ginjal Sumber: ***www.muis.gov.sg***

c). Struktur ginjal

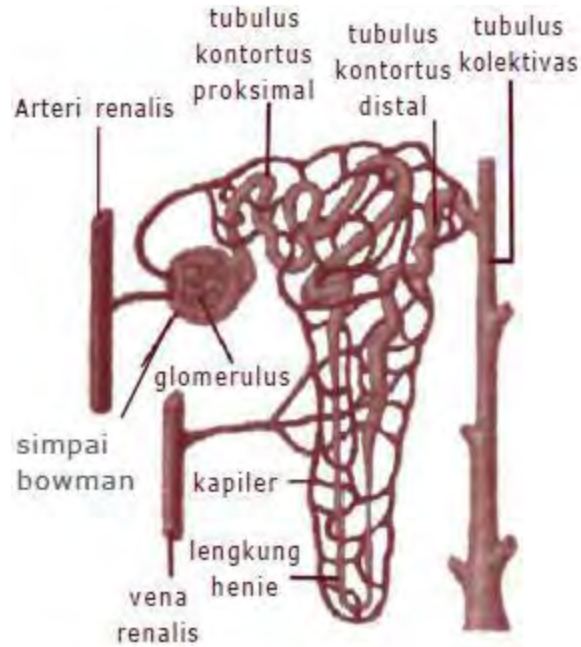
Ginjal atau ren berbentuk seperti biji buah kacang merah (kara/ercis). Ginjal terletak dikanan dan kiri tulang pinggang yaitu didalam rongga perut pada dinding tubuh dorsal. Ginjal berjumlah dua buah and berwarna merah keunguan. Ginjal sebelah kiri mempunyai perlekatan dengan dinding rongga perut lebih longgar daripada ginjal sebelah kanan. Lapisan ginjal bagian luar disebut kulit ginjal atau *korteks*, sedangkan lapisan dalam disebut sumsum

ginjal atau *medula*. Lapisan paling dalam berupa rongga ginjal yang disebut *pelvis renalis*.

Satuan struktural dan fungsional ginjal yang terkecil disebut **nefron**. Tiap nefron terdiri atas badan malpighi yang terusun dari kapsul Bowman. Tubulus-tubulus pengumpul, dan *lengkung Henle* yang terdapat bagian medula.

Kapsul Bowman berdinding rangkap dengan glomerulus didalam cekungan kapsulnya. Glomerulus merupakan untaian pembuluh kapiler darah yang dindingnya bertaut menjadi satu dengan dinding kapsul Bowman sehingga zat-zat yang terlarut dalam darah merembes ke dalam ruang kapsul Bowman yang berdinding rangkap. Pembuluh darah arteri yang bercabang-cabang menjadi sejumlah arteriola yang disebut arteriola aferen. Arteriola aferen bercabang-cabang menjadi kapiler glomerulus. Kapiler glomerulus bersatu kembali menjadi arteriola aferen dan membelit mengelilingi tubulus proksimal, lengkung henle, dan tubulus distal dari suatu nefron. Kapiler glomerulus kemudian bermuara ke dalam venula, serta bergabung menjadi vena renalis menuju vena kava inferior.

Lengkung henle adalah bagian saluran ginjal (tubulus) yang melengkung pada daerah medula dan berhubungan dengan tubulus prosimal maupun tubulus distal di daerah korteks. Bagian lengkung henle ada dua, yaitu *lengkung Henle asendens* (menanjak) dan *lengkung Henle desendens* (menurun). Ginjal dilindungi oleh lemak. Ginjal memiliki arteri renal (arteri ginjal) yang menyuplai darah. Tiap renal memiliki jaringan pembuluh (kapiler) di bagian korteks. Sebagai akibatnya, korteks tampak lebih gelap daripada medula.



Gambar 20. Nefron
Sumber: *www.tutor.com.my*

Ginjal mengendalikan potensi air pada darah yang melewatinya. Substansi yang menyebabkan potensi ketidakseimbangan air pada darah akan dipisahkan dari darah dan diekskresikan dalam bentuk urin. Misalnya, sisa nitrogen hasil pemecahan asam amino dan asam nukleat.

Secara umum ginjal terdiri atas tiga bagian seperti berikut ini:

1) Kulit ginjal (korteks)

Pada bagian korteks atau kulit ginjal terdapat *glomerulus* dan simpai *Bowman.* Glomerulus dan simpai Bowman membentuk kesatuan yang disebut *Badan Malpighi.* Pada bagian inilah proses penyaringan darah dimulai. Badan malpighi merupakan awal dari *nefron*. Nefron adalah satuan struktural dan fungsional ginjal (lihat Gambar 1.3). Tiap ginjal tersusun oleh kira-kira 1 juta nefron. Dari badan Malpighi terbentuk saluran yang menuju bagian medula (sumsum ginjal).

2) Rongga ginjal (pelvis renalis)

Di rongga ini bermuara saluran pengumpul. Dari rongga tersebut, urin keluar dari saluran ureter menuju vesika urinaria (kandung kemih). Dari kandung kemih, urin keluar tubuh melalui saluran uretra.

3) Sumsum ginjal (medula)

Medula (sumsum ginjal) tersusun atas saluran-saluran yang merupakan kelanjutan badan malphigi dan saluran yang ada di bagian korteks. Pelvis renalis atau rongga ginjal berupa rongga yang berfungsi sebagai penampung urin sementara sebelum dikeluarkan melalui ureter.

d). Proses pembentukan urin

Proses pembentukan urin terjadi dengan urutan sebagai berikut :

1) Filtrasi (penyaringan)

Firltrasi terjadi di kapsul Bowman dan glomerulus. Dinding terluar kapsul Bowman tersusun dari satu lapis sel epitelium pipih. Antara dinding luar dan dalam terdapat ruang kapsul yang berhubungan dengan lumen tubulus kontortus proksimal. Dinding dalam kapsul Bowman tersusun dari sel-sel khusus yang disebut podosit.

Proses filtrasinya adalah ketika darah masuk ke glomerulus, tekanan darah menjadi tinggi sehingga mendorong air dan komponen-komponen yang tidak dapat larut melewati pori-pori endotelium kapiler, glomerulus, kemudian menuju membran dasar, dan melewati lempeng filtrasi, lalu masuk ke dalam ruang kapsil Bowman.

Hasil filtrasi dari glomerulus dan kapsul Bowman disebut filtrat glomerulus atau urin primer.

Komposisi urin primer dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4. Komposisi Utama Urin Primer

Molekul	Kadar per Gram
Air	900
Protein	0
Glukosa	1
Asam Amino	0.5
Urea	0.3
Ion Anorganik	7.2

2) Reabsorpsi (Penyerapan kembali)

Reabsorpsi terjadi di tubulus kontortus proksimal, lengkung Henle, dan sebagian tubulus kontortus distal. Reabsorpsi dilakukan oleh sel-sel epitelium di seluruh tubulus ginjal. Banyaknya zat di reabsorpsi tergantung kebutuhan tubuh saat itu. Zat-zat yang diabsorpsi antara lain adalah air, glukosa, asam amino, ion-ion Na^+, K^+, Ca^{2+}, Cl^-, $HC)_3^-$, HBO_4^{2-} dan sebagian urea.Reabsporsi terjadi secara transpor aktif dan pasif. Glukosa dan asam amino diabsorpsi secara transpor aktif di tubulus proksimal. Reabsorpsi Na^+, HCO_3^-, dan H_2O terjadi ditubulus kontortus distal.

Tahapan terjadinya reabsorpsi adalah sebagai berikut: urin primer, masuk dari glomerulus ke tubulus kontortus proksimal. Urin primer ini bersifat hipotonis dibanding dengan plasma darah. Kemudian terjadi reabsorpsi air dan ion Cl^- secara pasif. Bersamaan dengan itu, filtrat menuju lengkung henle. Filtrat ini telah berkurang volumenya dan bersifat isotonis dibandingkan cairan pada jaringan sekitar tubulus kontortus proksimal. Pada lengkung Henle terjadi sekresi aktif ion Cl^- ke jaringan di sekitarnya. Reabsorpsi dilanjutkan ditubulus kontortus distal. Pada tubulus ini terjadi reabsorpsi ion Na^+ dan air dibawah kontrol ADH (hormon antidiuretik). Disamping reabsorpsi tubulus ini juga terjadi seksresi H^+, NH_4^+, urea, kreatinin, dan obat-obatan yang ada pada urin.

Urin sekunder dari tubulus kontortus distal akan turun menuju tubulus pengumpul. Pada tubulus pengumpul ini masih terjadi penyerapan ion Na^+, Cl^- dan urea sehingga terbentuklah urin sesungguhnya. Dari tubulus pengumpul, urin dibawa ke pelvis renalis. Dari pelvis renalis mengalir melalui ureter menuju vesika urinaria (kantong kemih) yang merupakan tempat penyimpanan sementara urin .

Komposisi urin bervariasi tergantung jenis makanan dan minuman yang dikonsumsi. Urin normal berwarna jernih transparan. Warna kuning muda urin berasal dari zat warna empedu (bilirubin dan biliverdin). Urin normal pada manusia mengandung air, urea, asam urat, amonia, keratin, garam-garam, terutama garam dapur, zat-zat yang berlebihan di dalam darah, misalnya vitamin C dan obat-obatan.

Dilihat dari banyaknya macam zat yang terkandung dalam urin tersebut, ginjal merupakan alat pengeluaran utama. Fungsi ginjal antara lain adalah sebagai berikut:

a) Membuang sisa-sisa metabolisme tubuh
b) Mengatur keseimbangan air dan garam dalam darah
c) Membuat zat-zat yang berbahaya bagi tubuh, seperti obat-obatan, bakteri dan zat warna.
d) Mengatur tekanan darah dalam arteri dengan mengeluarkan kelebihan zat-zat asam atau basa. Selain itu juga untuk membuang kelebihan bahan makanan tertentu seperti gula dan vitamin.

Berikut merupakan tabel perbandingan kadar zat sisa metabolisme dalam plasma darah dan urin.

Tabel 5. Perbandingan kadar zat sisa metabolisme dalam plasma darah dan urin

Macam Zat	Persentase dalam Plasma	Persentase dalam Urin	Kenaikan
Air	92	95	+
Protein	7-9	-	-
Glukosa	0,1	-	-
Na^{+}	0,3	0,35	1 x
Cl^{-}	0,3	0,7	2 x
K^{+}	0,02	0,15	7 x
PO_4^{2-}	0,009	0,15	16 x
SO_4^{2-}	0,002	0,18	90 x
NH_4^{+}	0,0001	0,4	400 x
Asam urat	0,04	0,05	12 x
Urea	0,03	2	60 x
Kreatinin	0,001	0,075	75 x

.

e). Hal-hal yang mempengaruhi produksi urin

1) Zat-zat diuretik

Zat-zat diuretik, misalnya kopi, teh dan alkohol akan menghambat reabsorpsi ion Na^{+}. Sebagai akibatnya, konsentrasi ADH berkurang sehingga rebasorpsi air terhambat dan volume urin meningkat. Itulah sebabnya jika mengkonsumsi teh atau kopi, maka kita akan sering buang air kecil. Pengeluaran urin secara berlebihan disebut diuresis.

2) **Suhu**

Jika suhu internal dan eksternal naik diatas normal, maka kecepatan respirasi meningkat. Ini menyebabkan pembuluh kutaneus melebar sehingga cairan tubuh berdifusi dari kapiler ke permukaan kulit. Saat volume air menurun, ADH dieksreksikan sehingga reabsorpsi air meningkat. Disamping itu, peningkatan suhu merangsang pembuluh abdominal mengerut sehingga aliran darah di glomerulus dan filtrasi menurun. Meningkatnya reabsorpsi dan berkurangnya aliran darah di glomerulus mengurangi volume urin. Itulah sebabnya jika cuaca panas, kita jarang buang air kecil.

3) **Volume larutan**

Volume larutan dalam darah berpengaruh terhadap produksi urin. Jika kurang minum air, maka konsentrasi air di darah menjadi rendah. Hal ini merangsang hipofisis mengeluarkan ADH. Hormon ini meningkatkan reabsorpsi air di ginjal sehingga volume urin turun.

4) **Emosi**

Emosi tertentu dapat merangsang peningkatan atau penurunan volume urin. Kondisi stress sebagai akibat emosi yang berlebihan akan mengakibatkan volume urin meningkat, sehingga akan sering kencing.

f). Gangguan pada ginjal

Penyakit sistem urinaria kadang-kadang sulit untuk dideteksi tanpa bantuan pemeriksaan laboratorium. Faktor yang sangat berpengaruh dalam penyakit sistem urinaria ini adalah organ ginjal, sehingga anatomi dan fungsi ginjal perlu dikfahami dengan baik. Ginjal merupakan salah satu organ vital dalam tubuh, sehingga ginjal harus selalu dijaga agar berfungsi sesuai dengan perannya.

Berikut adalah kelainan-kelainan pada sitem urianaria antara lain adalah sebagai berikut:

1) Disuria

Disuria adalah keadaan dimana ternak merasa kesulitan untuk melakukan kencing. Disuria ditandai dengan mengerang atau menggeratakkan gigi, meskipun telah selesai kencing, ternak yang bersangkutan tetap bersikap seperti kencing untuk beberapa waktu.

2) Poliuria

Poliuria adalah keadaan dimana terjadi pengeluaran kemih yang berlebihan. Poliuria yang terus-menerus biasanya disebabkan oleh penurunan absorbsi tubuler dan kenaikan jumlah cairan filtrat dalam glomeruli yang melampui daya serap epitel tubuli atau adanya pengaliran cairan dalam epitel tubuli. Kenaikan kemih yang bersifat sementara dapat terjadi karena ketakutan, stress atau karena pemasukan air yang berlebihan

3) Oligouria

Oligouria adalah keadaan dimana kemih sangat sedikit, dan ini bisa berakibat tiadak ada kemih yang dikeluarkan (anuria).

4) Hematuria

Hematuria adalah keadaan dimana terdapat sel darah merah pada kemih. Hematuria yang berasal dari dalam saluran kemih atas ditandai dengan larutnya sel darah merah, hemolisis yang merata di dalam kemih. Apabila sel darah ditemukan pada hampir selama urinasi maka sel darah berasal dari kantong kemih atau ginjal sedangkan bila darah ditemukan pada akhir urinasi maka sel darah berasal dari urethrae.

5) **Hemoglobinuria**

Hemoglobiuria adalah keadaan dimana dalam kemihnya terdapat hemoglobin. Hemoglobiuria mungkin akan bersamaan dengan hematuria disebabkan oleh leptospirosis, babesiosis atau karena keracunan tanaman.

6) **Ketonuria**

Penderita ketonuria mempunyai kemih yang berkadar keton 70 mg/dl. Biasa ditemukan pada sapi, penentuan ketonuria didasarkan pada Reaksi Rothera atas kemih penderita.

7) **Nefiritis**

Nefiritis adalah kerusakan bagian glomerulus ginjal akibat alergi racun kuman, biasanya disebabkan oleh bakteri streptoccocus. Nefritis mengakibatkan seseorang menderita *uremia* atau *oedema*. *uremia* adalah masuknya kembali asam urin dan urea kembali ke pembuluh darah. Oedema adalah penimbunan air di kaki karena reabsorpsi terganggu.

8) **Batu ginjal**

Batu ginjal terbentuk karena pengendapan garam kalsium di dalam rongga ginjal, saluran ginjal, atau kantong kemih. Batu ginjal ini berbentuk kristal yang tidak dapat larut. Kandungan batu ginjal adalah kalsium oksalat, asam urat, dan kristal kalsium fosfat. Endapan garam ini terbentuk jika terlalu banyak mengkonsumsi garam mineral dan terlalu sedikit mengkonsumsi air.

9) **Albuminuria**

Albuminuria adalah ditemukannya albumin pada urin. Adanya albumin pada urin merupakan indikasi adanya kerusakan pada membran kapsul

endotelium. Selain itu dapat juga disebabkan oleh iritasi sel-sel ginjal karena masuknya substansi racun bakteri, eter, atau logam berat.

10) Glikosuria

Glikosuria adalah ditemukannya glukosa pada urin. Adanya glukosa dalam urin menunjukan adanya kerusakan pada tabung ginjal.

11) Ketosis

Ketosis adalah ditemukannya senyawa keton didalam darah. Hal ini dapat terjadi pada orang yang melakukan diet karbohidrat.

12) Diabetes melitus

Diabetes melitus adalah penyakit yang muncul karena pankreas tidak menghasilkan atau hanya menghasilkan sedikit sekali insulin. Insulin adalah hormon yang mampu mengubah glukosa menjadi glikogen sehingga mengurangi kadar gula dalam darah. Selain itu insulin juga membantu jaringan tubuh menyerap glukosa sehingga dapat digunakan sebagai sumber energi. Diabetes melitus juga dapat terjadi jika sel-sel hati, otot, dan lemak memiliki respons rendah terhadap insulin. Kadar glukosa di urin dan darah penderita diabetes melitus sangat tinggi. Ini menyebabkan sering buang air kecil, cepat haus dan lapar, serta menimbulkan masalah pada metabolisme lemak dan protein.

13) Diabetes insipidus

Diabetes insipidus adalah suatu penyakit yang menyebabkan penderita mengeluarkan urin terlalu banyak. Peyebab diabetes insipidus adalah kekurangan hormon ADH. ADH ini dihasilkan oleh kelenjar hipofisis bagian belakang. Jika kekurangan ADH, jumlah urin dapat naik 20 – 30 kali lipat dari keadaan normal.

MENANYA :

Berdasarkan hasil pengamatan yang telah Anda lakukan, dan untuk meningkatkan pemahaman Anda tentang system perkemihan pada hewan ruminansia hewan non ruminansia buatlah minimal 3 pertanyaan dan lakukan diskusi kelompok tentang :

1. Faktor-faktor yang mempengaruhi produksi system perkemihan pada hewan ruminansia hewan non ruminansia.
2. Aktivitas apa saja yang dapat mempengaruhi produksi urine pada hewan ruminansia hewan non ruminansia

MENGUMPULKAN INFORMASI / MENCOBA :

1. Cari informasi dari berbagai sumber (internet, modul, buku–buku referensi, serta sumber–sumber lain yang relevan) tentang system perkemihan baik pada ruminansia maupun non ruminansia !
2. Lakukan pengamatan aktivitas yang berkaitan dengan system perkemihan baik pada ruminansia maupun non ruminansia dengan menggunakan lembar kerja sebagai berikut :

Lembar Kerja : Pemeriksaaan Urine

Lakukan pemeriksaan urine untuk mengamati perubahan-perubahan yang terjadi pada urine yaitu:

1. **Pemeriksaan Warna urine**

   Dalam pemeriksaan ini diamati kemungkinan terjadinya perubahan warna pada urine. Apabila terjadi perubahan warna maka perubahan tersebut kemudian ditafsirkan berdasarkan tabel berikut :

Tabel 6. Intepretasi Warna Urine

No	Warna	Penyebab Patologis	Penyebab Non Patologis
1	Merah	Ada hemoglobin, mioglobin (berarti ada perdarahan saluran kencing)	Karena obat tertentu Karena zat warna makanan tertentu
2	Jingga	Zat warna empedu	Karena obat-obat antiseptik saluran kencing
3	Kuning	Urine pekat Keberadaan urobilin dan bilirubin	Banyak makan wortel Obat-obatan (fenacetin, Nitrofurantoin)
4	Hijau	Keberadaan biliverdin Keberadaan bakteri pseudomonas	Preparat vitamin dan obat psikoaktif
5	Biru	Tidak patologis	Diuretika tertentu
6	Coklat	Keberadaan hematin asam, mioglobin, dan zat warna empedu	Obat-obatan
7	Hitam/ hampir hitam	Keberadaan melanin, Urobilin dan methemoglobin	Senyawa besi dan fenol

2. **Penentuan Kadar Glukosa Urine Secara Semikuantitatif**

   Alat dan Bahan :

   a. Tabung reaksi,
   b. Tabung sampel urine,
   c. Pipet tetes,
   d. Penangas air,

e. Tang krus,
f. Kertas label,
g. Beaker glass,
h. Gelas ukur,
i. Tissue,
j. Urine patologis dari penderita diabetes melitus
k. Urine normal (keduanya harus merupakan urine postprandial yaitu urine yang diambil saat ekskresi 1.5-3 jam setelah makan),
l. Reagen benedict,
m. Glukosa beberapa konsentrasi (0.5%, 1.5%, 3%, 5%).
n. Komposisi reagen Benedict: $CuSO4.5aq$ 17.3 g; natrium citrat 173 g; $Na2CO3.0aq$ atau $Na2CO3.10aq$ 200g; aquadest ad 1000 ml.

Prosedur Kerja :

1. Sediakan 6 tabung reaksi dan beri label I, II, III, IV, V, dan VI.
2. Selanjutnya masukkan reagen benedict sebanyak 2.5 ml ke dalam masing-masing tabung
3. Kemudian tambahkan :
   a. Tabung I : dengan 4 tetes urine normal
   b. Tabung II : dengan 4 tetes urine patologis
   c. Tabung III : dengan 4 tetes urine normal + 4 tetes glukosa 0.5%
   d. Tabung IV : dengan 4 tetes urine normal + 4 tetes glukosa 1.5%
   e. Tabung V : dengan 4 tetes urine normal + 4 tetes glukosa 3%
   f. Tabung VI : dengan 4 tetes urine normal + 4 tetes glukosa 5%
4. Panaskan dengan penangas air selama 5 menit lalu kocok
5. Amati perubahan yang terjadi pada masing-masing tabung.

6. Catat hasil pengamatan dan bandingkan dengan standar pada tabel berikut :

1. Tetap biru jernih/sedikit kehijauan dan agak keruh 0 < 0.5%

2. Hijau kekuningan dan keruh 1 0.5 – 1 %

3. Kuning keruh 2 1 – 1.5%

4. Jingga atau warna lumpur keruh 3 2 – 3.5%

5. Merah keruh 4 > 3.5%

3. Analisis Sedimen Urine

Alat dan Bahan :

a. Tabung sentrifus,
b. Sentrifus urine,
c. Tang krus,
d. Pipet tetes,
e. Mikroskop,
f. Kaca objek,
g. Cover glass,
h. Urine normal pagi hari
i. Urine patologis ysng ditambah formalin 40 % (1-2 ml sebagai fiksatif),
j. Tissue gulung.

Prosedur Kerja :

1. Kocoklah sampel urine dalam botolnya sehingga homogeny
2. Tuangkan masing-masing urine ke dalam tabung sentrifus sebanyak 7 ml
3. Lakukan sentrifugasi selama 5 menit dengan kecepatan 2000 rpm.
4. Selanjutnya tuangkan cairan di bagian atas dari tabung dengan cepat sehingga sedimen di bagian bawah tidak ikut terbuang,
5. Sisakan larutan dan sedimennya hingga kira-kira 0.5 ml.

6. Kocoklah tabung berisi larutan dan sedimen tersebut agar homogen
7. Ambil dengan pipet
8. Teteskan ke kaca objek sebanyak 2 tetes ke tempat yang terpisah pada kaca objek yang sama.
9. Tutup dengan kaca penutup lalu amati dengan mikroskop.
10. Amati jenis atau tipe sedimen-sedimen yang terlihat

4. Pemeriksaan Gula dalam Urine

Pemeriksaan pada ternak akibat adanya gangguan metabolisme yang berat bisa mengakibatkan adanya gukosa positip dalam urine.

5. Pemeriksaan Protein dalam Urine

Penafsiran keberadaan protein dalam urine bisa bermacam-macam tergantung drai kadar protein dalam urine. Dalam kadar yang ringan protein dalam urine kemungkinan menunjukkan adanya stress, gangguan ginjal, adanya hemoglobin dalam urine, sedangkan kadar protein sedang sampai berat biasanya karena adanya gangguan dari fungsi ginjal.

6. Pemeriksaan Keton

Pemeriksaan keton digunakan untuk memeriksa kemungkinan adanya zat keton dalam urine. Zat keton tersebut meliputi asam asetoasetat dan asamm beta hidroksibutirat. Bahan yang digunakan adalah urine segar karena benda keton ini cepat menguap. Prosedur pemeriksaannya adalah dengan mencampurkan urine dengan reagen tertentu (Reagen Rothera, Gerhardt) dan diamati perubahan warna yang terjadi. Apabila cairan kemudian berwarna ungu kemerahan maka dikatakan positip mengandung badan keton, makin cepat terjadi warna ungu dan makin tua warnanya menggambarkan makin tinggi kandungan keton dalam urine tersebut.

7. Pemeriksaan Asam Urat

Konsentrasi tinggi asam urat dalam urine dapat membentuk batu asam urat dan mencerminkan kadar asam urat dalam darah cukup tinggi. Pemeriksaan urine dalam urine bertujuan untuk mendeteksi asam urat secara kualitatif dan kuantitatif.

MENGKOMUNIKASIKAN :

Berdasarkan hasil pengamatan, pengumpulan informasi dan identifikasi serta asosiasi yang telah Anda lakukan :

1. Buatlah laporan tertulis secara individu!
2. Buatlah bahan presentasi dan presentasikan di depan kelas secara kelompok!

3. Refleksi

Setelah Anda mempelajari materi system system perkemihan pada hewan ruminansia dan hewan non ruminansia, harap jawab pertanyaan-pertanyaan sebagai berikut:

a. Pertanyaan:

   Hal-hal apa saja yang dapat Anda lakukan tekait dengan materi system perkemihan pada hewan ruminansia dan hewan non ruminansia?

   Jawaban:

b. Pertanyaan:

   Pengalaman baru apa yang Anda peroleh dari materi system perkemihan pada hewan ruminansia dan hewan non ruminansia?

   Jawaban:

c. Pertanyaan:

Manfaat apa saja yang Anda peroleh dari materi system perkemihan pada hewan ruminansia dan hewan non ruminansia?

Jawaban:

d. Pertanyaan:

Aspek menarik apa saja yang Anda temukan dalam materi system perkemihan pada hewan ruminansia dan hewan non ruminansia?

Jawaban:

4. Tugas

1) Buatlah kliping sistem perkemihan hewan ruminansia dan non ruminansia!
2) Lakukan observasi (pengamatan) terhadap sistem perkemihan hewan ruminansia dan non ruminansia dengan cara :

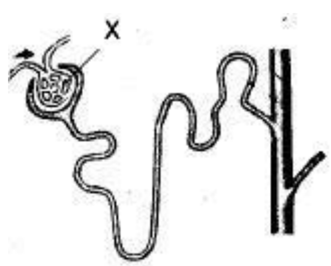
    a. Membaca uraian materi pada buku teks ini tentang sistem perkemihan pada hewan ruminansia dan non ruminansia
    b. Mencari informasi di lokasi setempat yang berkaitan sistem perkemihan pada hewan ruminansia dan non ruminansia
    c. Mengamati suatu proses yang berkaitan sistem perkemihan pada hewan ruminansia dan non ruminansia

3) Buatlah minimal 2 pertanyaan terhadap hal-hal yang belum Anda pahami atau perlu penjelasan dari hasil observasi yang berkaitan sistem perkemihan ruminansia dan non ruminansia

5. Tes Formatif

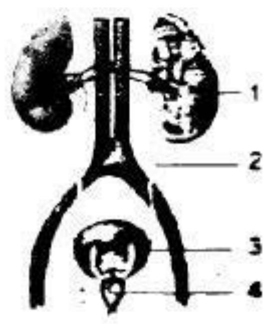
Pilihlah jawaban yang benar dengan member silang pada huruf didepan jawaban yang benar

1. Homeostatis adalah suatu mekanisme dalam tubuh yang bertujuan ….
   a. Membuang zat-zat sisa dari tubuh
   b. Menyerap zat-zat yang masih berguna bagi tubuh
   c. Mempertahankan keadaan terbaik bagi tubuh
   d. Melakukan proses pengangkutan melalui darah
   e. Memperbaiki bagian tubuh rusak
2. Darah membawa urea untuk dikeluarkan melalui ginjal. Urea merupakan hasil perombakan ….
   a. Asam amino
   b. Karbohidrat
   c. Fosfolipid
   d. Vitamin
   e. Lemak
3. Perhatikan gambar disamping! Bagian yang berlabel X adalah ….



   a. Glomerus, tempat terjadinya proses filtrasi
   b. Tubulus kolektifus, tempat berkumpulnya urine sesungguhnya
   c. Lengkung henis, tempat terjadinya reabsorpsi
   d. Kapsul Bowman, tempat terjadinya augmentasi
   e. Tubulus kontortus distal, tempat terjadinya pengaturan kadar air

4. Urine sekunder dihasilkan dari ....
   a. Lengkung henie
   b. Kapsul bowman
   c. Tubulus kolektifus
   d. Tubulus kontortus distal
   e. Tubulus kontortus proksimal
5. Perhatikan gambar disamping! Ureter, vesika urinaria, dan ginjal secara berurutan ditunjukan oleh nomor ....



   a. 1-2-3
   b. 2-1-4
   c. 2-3-1
   d. 3-2-1
   e. 4-3-1
6. Berikut ini adalah zat-zat yang didalam tubulus nefron akan diserap kembali, kecuali ....
   a. Glukosa
   b. Na+
   c. Cl-
   d. Urea
   e. Air

7. Dari hasil tes, ternyata urine Pak Amir mengandung glukosa. Hal ini menunjukan adanya kelainan fungsi ginjal pada proses ….
   a. Filtrasi
   b. Augmentasi
   c. Reabsorpsi
   d. Defekasi
   e. Sekresi
8. Diabetes melitus dapat terjadi karena kegagalan ….
   a. Glomerulus mengadakan filtrasi
   b. Hati menghasilkan enzim amilase
   c. Pankreas memproduksi insulin
   d. Kelebihan ADH di dalam darah
   e. Pankreas memproduksi enzim amylase
9. Penderita gagal ginjal dapat dibantu dengan ….
   a. Unit dialisis
   b. Pompa darah
   c. Unit osmosis
   d. Pompa natrium
   e. Unit deplasmolisis
10. NH_3 sebagai hasil metabolisme protein dan CO2 sebagai hasil respirasi dapat membentuk urea yang kemudian dibersihkan. Pembentukan urea itu terjadi di dalam….
    a. Hati
    b. Ginjal
    c. Kantong urine
    d. Usus besar
    e. Usus halus

C. PENILAIAN

1. Penilaian Sikap

Anda diminta untuk melakukan penilaian diri. Penilaian ini dilakukan cara sebagai berikut :

1) Bacalah pernyataan yang ada di dalam kolom dengan teliti
2) berilah tanda cek (√) sesuai dengan sesuai dengan kondisi dan keadaan kalian sehari-hari

a) Sikap Spiritual

	Aspek Pengamatan	Skor			
		1	2	3	4
1	Berdoa sebelum dan sesudah melakukan sesuatu				
2	Mengucapkan rasa syukur atas karunia Tuhan				
3	Memberi salam sebelum dan sesudah menyampaikan pendapat/presentasi				
4	Mengungkapakan kekaguman secara lisan maupun tulisan terhadap Tuhan saat melihat kebesaran Tuhan				
5	Merasakan keberadaan dan kebesaran Tuhan saat mempelajari ilmu pengetahuan				
Jumlah Skor					

b) Sikap Jujur

No	Aspek Pengamatan	Skor			
		1	2	3	4
1	Tidak nyontek dalam mengerjakan ujian/ulangan/tugas				
2	Tidak melakukan plagiat (mengambil/menyalin karya orang lain tanpa menyebutkan sumber) dalam mengerjakan setiap tugas				
3	Mengungkapkan perasaan terhadap sesuatu apa adanya				
4	Melaporkan data atau informasi apa adanya				
5	Mengakui kesalahan atau kekurangan yang dimiliki				
Jumlah Skor					

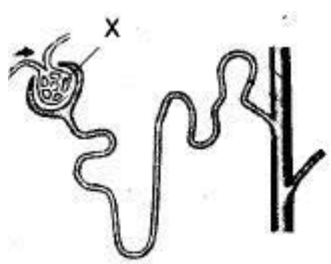
c) *S*ikap Disiplin

No	Sikap yang diamati	Melakukan	
		Ya	Tidak
1	Masuk kelas tepat waktu		
2	Mengumpulkan tugas tepat waktu		
3	Memakai seragam sesuai tata tertib		
4	Mengerjakan tugas yang diberikan		
5	Tertib dalam mengikuti pembelajaran		
6	Mengikuti praktikum sesuai dengan langkah yang ditetapkan		
7	Membawa buku tulis sesuai mata pelajaran		
8	Membawa buku teks mata pelajaran		
Jumlah			

2. Penilaian Pengetahuan

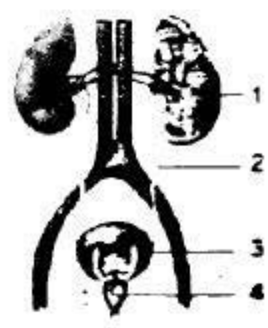
Pilihlah jawaban yang benar dengan member silang pada huruf didepan jawaban yang benar

1. Homeostatis adalah suatu mekanisme dalam tubuh yang bertujuan ....
   a. Membuang zat-zat sisa dari tubuh
   b. Menyerap zat-zat yang masih berguna bagi tubuh
   c. Mempertahankan keadaan terbaik bagi tubuh
   d. Melakukan proses pengangkutan melalui darah
   e. Memperbaiki bagian tubuh rusak
2. Darah membawa urea untuk dikeluarkan melalui ginjal. Urea merupakan hasil perombakan ....
   a. Asam amino
   b. Karbohidrat
   c. Fosfolipid
   d. Vitamin
   e. Lemak
3. Perhatikan gambar disamping! Bagian yang berlabel X adalah ....



   a. Glomerus, tempat terjadinya proses filtrasi
   b. Tubulus kolektifus, tempat berkumpulnya urine sesungguhnya
   c. Lengkung henis, tempat terjadinya reabsorpsi
   d. Kapsul Bowman, tempat terjadinya augmentasi
   e. Tubulus kontortus distal, tempat terjadinya pengaturan kadar air

4. Urine sekunder dihasilkan dari ….
   a. Lengkung henie
   b. Kapsul bowman
   c. Tubulus kolektifus
   d. Tubulus kontortus distal
   e. Tubulus kontortus proksimal
5. Perhatikan gambar disamping! Ureter, vesika urinaria, dan ginjal secara berurutan ditunjukan oleh nomor ….



   a. 1-2-3
   b. 2-1-4
   c. 2-3-1
   d. 3-2-1
   e. 4-3-1
6. Berikut ini adalah zat-zat yang didalam tubulus nefron akan diserap kembali, kecuali ….
   a. Glukosa
   b. Na+
   c. Cl-
   d. Urea
   e. Air

7. Dari hasil tes, ternyata urine Pak Amir mengandung glukosa. Hal ini menunjukan adanya kelainan fungsi ginjal pada proses ….
   a. Filtrasi
   b. Augmentasi
   c. Reabsorpsi
   d. Defekasi
   e. Sekresi
8. Diabetes melitus dapat terjadi karena kegagalan ….
   a. Glomerulus mengadakan filtrasi
   b. Hati menghasilkan enzim amilase
   c. Pankreas memproduksi insulin
   d. Kelebihan ADH di dalam darah
   e. Pankreas memproduksi enzim amylase
9. Penderita gagal ginjal dapat dibantu dengan ….
   a. Unit dialisis
   b. Pompa darah
   c. Unit osmosis
   d. Pompa natrium
   e. Unit deplasmolisis
10. NH3 sebagai hasil metabolisme protein dan CO2 sebagai hasil respirasi dapat membentuk urea yang kemudian dibersihkan. Pembentukan urea itu terjadi di dalam….
   a. Hati
   b. Ginjal
   c. Kantong urine
   d. Usus besar
   e. Usus halus

3. Penilaian Ketrampilan

Untuk penilaian ketrampilan dilakukan dengan memberikan tanda "√" pada kolom "Ya" bila jawaban anda sesuai dan pada kolom "Tidak" bila jawaban tidak sesuai dengan kriteria.

1. Jelaskan proses terjadinya urine!

No	Pernyataan	Kesesuaian		Keterangan
		Ya	Tidak	
1	Penjelasan disampaikan secara jelas			Ketrampilan komunikasi
2	Penjelasan disampaikan dengan sekuensi yang benar			Ketrampilan komunikasi
3	Penjelasan disampaikan dengan benar			Kebenaran materi
4	Penjelasan setiap tahapan dilakukan dengan benar			
5	Penyebutan bagian-bagian dilakukan dengan benar			

2. Jelaskan mekanisme fungsi ADH!

No	Pernyataan	Kesesuaian		Keterangan
		Ya	Tidak	
1	Penjelasan disampaikan secara jelas			Ketrampilan komunikasi
2	Penjelasan disampaikan dengan sekuensi yang benar			Ketrampilan komunikasi
3	Penjelasan disampaikan dengan benar			Kebenaran materi
4	Penjelasan setiap tahapan dilakukan dengan benar			
5	Penyebutan bagian-bagian dilakukan dengan benar			

III. PENUTUP

Dalam mencapai tujuan instruksional yang sesuai dengan harapan maka disamping penguasaan materi perlu juga ditunjang dengan keterampilan (skill) yang sejalan dengan tujuan yang hendak dicapai. Agar lebih terarah dengan baik dalam proses pembelajaran, prosedur kerja maupun dalam penilaian maka buku teks bahan ajar siswa ini sangat bermanfaat dan dapat digunakan sebagai pedoman baik untuk siswa maupun guru/pembimbing. Buku teks bahan ajar siswa ini disusun secara sistematik dan memuat tentang judul kompetensi dasar, tujuan yang hendak dicapai, uraian materi, alat dan jenis bahan yang digunakan, prosedur kerja, dan daftar bacaan.

Demikian buku teks bahan ajar siswa ini kami buat, semoga dapat bermanfaat. Kami menyadari buku teks bahan ajar ini jauh dari sempurna, untuk itu penulis mohon kritik dan saran yang bersifat membangun untuk merevisi buku ini. Kami berharap buku ini dapat memberikan data pengetahuan tentang fisiologi hewan bagi siswa, guru SMK khususnya Kompetensi Keahlian Kesehatan Hewan dan orang yang berminat pada bidang peternakan. Selamat membaca dan berkarya di dunia peternakan.

DAFTAR PUSTAKA

Campbell, Neil A., Reece Jane B, .Mitchell , G Lawrence.2004. Biologi jilid 3. PT Erlangga. Surabaya.

Fransond, R.D., Anotomi dan Fisiologi Ternak. Edisi ke empat.1992. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta

Isnaeni, Wiwi. 2006. Fisiologi Hewan. Penerbit Kanisius, Yogyakarta.

Sonjaya , Herry. 2013 . Dasar Fisiologi Ternak. IPB Press Kampus IPB Taman Kencana, Bogor.

http://iqbalali.com/2007/04/29/sistem-syaraf/)

http://one.indoskripsi.com/judul-skripsi-tugas-makalah/biologi-umum/sistem-syaraf

http //id. wikipedia.org

http://1.bp.blogspot.com

http://pangan-sehat.blogspot.com/2011/01/pengaruh-temperatur-lingkungan-terhadap.html

http :*www.muis.gov.sg*

http : *www.tutor.com.my*